INFRASTRUCTURE ITALIA LAND 5 Srl
Via del Bosco Rinnovato, 6
20057 Assago (Milano)

Permesso di Costruire art. 10 DPR 380/2001 – Intervento di nuova costruzione di edificio a destinazione produttivo

Relazione geologica e geotecnica

Realizzazione nuovo Data Center
Vignate (MI)

Documento: 4025 ES A RG 01 Relazione geologica e geotecnica

Data
15/05/2024

Il Tecnico

Lombardini 22 S.p.A.

Via Lombardini, 22, 20143, Milano (MI)

VIA GALILEO GALILEI – VIGNATE (MI)

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA (R1 + R3)
RELAZIONE GEOTECNICA (R2) - CARATTERIZZAZIONE
AI SENSI DELLE N.T.C. D.M. 17/01/2018
e D.G.R. X/5001/2016

ALLEGATI

All. 1 – Ubicazione dei punti di indagine - scala 1:1500
All. 2 – Descrizione stratigrafica dei sondaggi, prove SPT in foro
All. 3 – Elaborato grafico delle prove SCPT
All. 4 – Elaborato grafico delle prove sismiche Down-hole
All. 5 – Prove HVSR
All. 6 – Scheda litologica per approfondimento sismico di 2° livello
All. 7 – Certificati analitici delle prove geotecniche di laboratorio (in corso di acquisizione)

MODULO 9 D.d.u.o. 28 novembre n. 17589
MODULO 10 D.d.u.o. 28 novembre n. 17589

Milano, maggio 2024

GHEZZI EFREM
DOTTORE GEOLOGO
19.12.2024 16:44:06
GMT+02:00

STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
Società di Ingegneria

Bastioni di Porta Volta 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it

Legenda

- Area intervento
- Sondaggio geognostico (35.0m)
- Piezometro (20.0m)
- Prova down-hole
- Prova SCPT
- Prova HVSR
- Piezometri indagini 2022

L22

Vignate (MI)

UBICAZIONE DEI PUNTI DI INDAGINE

Scala 1:1500 **All. 1**

STUDIO IDROGEOTECNICO 1964 - 2014

STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
SOCIETÀ DI INGEGNERIA
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
www.studioidrogeotecnico.com

Sondaggio: S1

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Orlandi Nicolò
Data esecuzione: 04-19-24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice:
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00	Argilla limosa compatta vegetata. Subordinata ghiaia poligenica da media a fine, subarrotondata. Colore marrone scuro.	1
1,00	Ghiaia sabbiosa poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici subarrotondati. Colore beige.	1,4
2,40	Sabbia ghiaiosa grossolana. Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici subarrotondati. Colore beige.	0,5
2,90	Ghiaia da sabbiosa a debolmente sabbiosa, poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Subordinati ciottoli da centimetrici a decimetrici subarrotondati. Satura in acqua da circa 7 metri. Colore grigio.	9,1
12,00	Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa. Ghiaia poligenia eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici da subarrotondati ad arrotondati. Colore beige.	3,9
15,90	Limo sabbioso compatto. Subordinata ghiaia poligenica eterometrica da fine a media, arrotondata. Colore beige.	0,3
16,20		

SPT (N1,N2,N3)		Campioni Geotecnici
1,50		
08-13-16	(C)	
1,95		
3,00		
13-18-33	(C)	
3,45		
4,50		
42-R (10 cm)	(C)	
4,75		
6,00		6,00
37-R (8 cm)	(C)	CR1
6,23		
7,50		7,00
50 (R 11cm)	(C)	
7,61		
9,00		
12-16-16	(C)	
9,45		
10,50		
11-13-19	(C)	
10,95		
12,00		
16-19-23	(C)	
12,45		
13,50		
16-19-13	(C)	
13,95		
15,00		15,00
11-13-16	(C)	CR2
15,45		16,00

(A) Punta aperta
(C) Punta chiusa

Semplice 101 mm
127 mm

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia · Tubo cieco · Tubo fessurato · Ghiaia · Compactonite
Tappo di testa · Tappo di fondo

Sondaggio: S1

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Orlandi Nicolò
Data esecuzione: 04-19-24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice:
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
18,00	Ghiaia sabbiosa poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Subordinati ciottoli centimetrici arrotondati. Colore grigio.	4,1
22,30	Sabbia da ghiaiosa a debolmente ghiaiosa. Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici arrotondati. Colore nocciola.	2,9
25,20	Ghiaia sabbiosa poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Subordinati ciottoli centimetrici arrotondati. Presenti livelli limoso-sabbiosi centimetrici, di color terra di Siena. Colore grigio.	4,1
29,30	Sabbia limosa fine compatta. Color terra di Siena.	0,6
29,90	Argille limose compatte. Colore grigio.	0,2
30,10	Limo sabbioso compatto. Colore ocra	0,2
30,30	Limo da sabbioso ad argilloso, compatto. Si presentano alternanza di livelli millimetrici limoso-argillosi grigi a livelli millimetrici limoso-sabbiosi ocra. Sabbie fini micacee. Si presentano porzioni decimetiche ad argilla prevalente, e porzioni decimetriche a sabbia prevalente.	4,7
35,00		

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa

18,00		
18,50	10-08-14	(C)
21,00		
21,45	06-13-14	(C)
24,00		
24,45	9-5-13	(C)
27,00		
27,45	8-4-7	(C)
30,00		
30,45	7-3-7	(C)

Campioni Geotecnici

25,00	
26,00	CR3
30,50	
31,00	CI1

Campioni Ambientali
Prove Permeabilità
Prove Deformabilità (Press./Dilat.)
Carotiere (m)
Rivestimento (m)
Schema Allestimento
Livello di falda

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia · Tubo cieco · Tubo fessurato · Ghiaia · Compactonite
Tappo di testa · Tappo di fondo

Sondaggio: S2 DH

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Antonio Iannuzzi
Geologo: Marco Ena
Data esecuzione: 12-15.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: carotaggio continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: verticale
Allestimento: Tubazione per prova DH
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00	Terreno vegetale.	0,6
0,60	Ghiaia eterometrica e subarrotondata con sabbia eterometrica marrone debolmente limosa. Rari ciottoli.	11,4
12,00	Sabbia marrone debolmente limosa con ghiaia eterometrica e subarrotondata.	3,8
15,80	Ghiaia eterometrica e subarrotondata con sabbia eterometrica marrone debolmente limosa. Rari ciottoli.	6,2

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	
1,50	
9-16-14	(C)
1,95	
3,00	
17-19-23	(C)
3,45	
4,50	
19-18-26	(C)
4,95	
6,00	
18-31-29	(C)
6,45	
7,50	
21-13-17	(C)
7,95	
9,00	
14-18-24	(C)
9,45	
10,50	
19-24-27	(C)
10,95	
12,00	
21-27-32	(C)
12,45	
13,50	
18-34-23	(C)
13,95	
15,00	
20-21-32	(C)
15,45	
18,00	
19-36-28	(C)
18,50	

Campioni Geotecnici	
4,00	
CR1	
4,50	

Carotiere (m): Semplice 101 mm
Rivestimento (m): 127 mm

Schema Allestimento: 0,2

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia · Tubo cieco · Tubo fessurato · Ghiaia · Compactonite
Tappo di testa · Tappo di fondo

Sondaggio: S2 DH

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Antonio Iannuzzi
Geologo: Marco Ena
Data esecuzione: 12-15.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: carotaggio continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: verticale
Allestimento: Tubazione per prova DH
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
22,00	Sabbia marrone limosa con ghiaia eterometrica e subarrotondata.	3,1
25,10	Ghiaia eterometrica e subarrotondata con sabbia eterometrica marrone debolmente limosa. Rari ciottoli.	2,9
28,00	Sabbia eterometrica marrone debolmente limosa. Locale presenza di ghiaia.	2
30,00	Limo ocra da debolmente sabbioso a sabbioso.	2,5
32,50	Sabbia eterometrica marrone localmente debolmente limosa.	2,5
35,00		

SPT (N1,N2,N3) — (A) Punta aperta (C) Punta chiusa

21,00	24-23-30 (C)
21,45	
24,00	22-28-33 (C)
24,45	
27,00	34-R (4 cm) (C)
27,45	
30,00	29-37-47 (C)
30,45	
33,00	31-34-39 (C)
33,45	

Campioni Geotecnici

23,50	CR2
24,00	
27,50	CR3
28,00	
32,00	CI1
32,50	

Schema Allestimento: 35,0

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia · Tubo cieco · Tubo fessurato · Ghiaia · Compactonite
Tappo di testa · Tappo di fondo

Sondaggio: S3

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Orlandi Nicolò
Data esecuzione: 04-24-24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice:
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00	Argilla debolmente ghiaiosa compatta vegetata. Ghiaia poligenica da fine a media, subangolosa. Colore marrone scuro.	0,8
0,80	Ghiaia debolmente sabbiosa poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici subarrotondati. Colore grigio.	5,4
6,20	Ghiaia sabbiosa poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici arrotondati. Satura in acqua da circa -7m. Colore beige.	5,4
11,60	Sabbia ghiaiosa. Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli da centimetrici a decimetrici arrotondati. Colore da grigio a beige.	7,3

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	
1,50	
12-17-17	(C)
1,95	
3,00	
19-40-R (9 cm)	(C)
3,39	
4,50	
38-R (6 cm)	(C)
4,71	
6,00	
32-R (6 cm)	(C)
6,21	
7,50	
08-17-17	(C)
7,95	
9,00	
06-19-18	(C)
9,45	
10,50	
8-12-16	(C)
10,95	
12,00	
11-16-19	(C)
12,45	
13,50	
15-17-19	(C)
13,95	
15,00	
13-18-20	(C)
15,45	

Campioni Geotecnici: 6,00 – CR1 – 7,00; 14,00 – CR2 – 15,00

Carotiere (m): Semplice 101 mm
Rivestimento (m): 127 mm

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia, Tubo cieco, Tubo fessurato, Ghiaia, Compactonite, Tappo di testa, Tappo di fondo

Sondaggio: S3

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Orlandi Nicolò
Data esecuzione: 04-24-24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice:
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
18,90	Sabbia limosa fine. Subordinata ghiaia poligenica eterometrica da media a fine, subarrotondata. Colore beige.	0,4
19,30	Ghiaia da debolmente sabbiosa a sabbiosa, poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Colore grigio.	5,7
25,00	Sabbia ghiaiosa grossolana. Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici da arrotondati a subarrotondati. Presenti livelli limoso-sabbiosi centimetrici. Colore grigio.	4,2
29,20	Argilla compatta color terra di Siena.	1,3
30,50	Limo da sabbioso ad argilloso, compatto. Si presentano alternanza di livelli millimetrici limoso-argillosi grigi a livelli millimetrici limoso-sabbiosi ocra. Sabbie fini micacee. Si presentano porzioni decimetiche ad argilla prevalente, e porzioni decimetriche a sabbia prevalente.	4,5
35,00		

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici
18,00	
12-17-19 (C)	
18,50	
21,00	
7-11-16 (C)	
21,45	
24,00	
13-19-21 (C)	
24,45	
25,00	CR3
26,00	
27,00	
5-11-12 (C)	
27,45	
30,00	CI1
30,50	
32,00	CI2
32,70	

Scala (m): 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34

Colonne: Litologia; Manovre (m); Pocket Penetrometer (Kg/cm²); Vane Test (Kg/cm²); Carotaggio [%] 0 25 50 75 100; RQD 0 25 50 75 100; Campioni Ambientali; Prove Permeabilità; Prove Deformabilità (Press./Dilat.); Carotiere (m); Rivestimento (m); Schema Allestimento; Livello di falda

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia · Tubo cieco · Tubo fessurato · Ghiaia · Compactonite
Tappo di testa · Tappo di fondo

Sondaggio: S4

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Orlandi Nicolò
Data esecuzione: 05-03-24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice:
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Piezometro
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00	Argilla limosa compatta vegetata. Colore marrone scuro.	0,6
0,60	Ghiaia grossolana poligenica subarrotondata, subordinati ciottoli centimetrici arrotondati e sabbia grossolana. Colore marrone.	1,1
1,70	Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Subordinati ciottoli centimetrici arrotondati e sabbia. Colore beige.	1,9
3,60	Ghiaia da debolmente sabbiosa a sabbiosa, poligenica eterometrica da fine a grossolana. Subordinati ciottoli centimetrici arrotondati. Satura in acqua da circa -7 metri. Colore beige.	11,3
14,90	Sabbia ghiaiosa. Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli da subarrotondati ad arrotondati. Presenti livelli centimetrici limoso-sabbiosi compatti. Colore grigio.	1,5
16,40		

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici
1,50	
13-21-23 (C)	
1,95	
3,00	
28-42-R (6 cm) (C)	
3,36	
4,50	
41-R (7 cm) (C)	
4,72	
6,00	6,00
11-46-R (10 cm) (C)	CR1
6,40	
7,00	
7,50	
13-37-43 (C)	
7,95	
9,00	
18-26-39 (C)	
9,45	
10,50	
08-26-42 (C)	
10,95	
12,00	
14-23-36 (C)	
12,45	
13,50	
11-25-27 (C)	14,00
13,95	CR2
15,00	15,00
13-21-26 (C)	
15,45	

Semplice 101 mm
127 mm

Livello di falda: 6,9

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia, Tubo cieco, Tubo fessurato, Ghiaia, Compactonite, Tappo di testa, Tappo di fondo

Sondaggio: S4

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Orlandi Nicolò
Data esecuzione: 05-03-24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice:
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Piezometro
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Scala (m)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)
18				
20			Ghiaia da sabbiosa a debolmente sabbiosa, poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetrici subarrotondati. Presenti livelli sabbioso-limosi centimetrici compatti.Colore grigio.	10,2
22				
24				
26	26,60		Sabbia ghiaiosa debolmente limosa. Ghiaia poligenica eterometrica da fine a grossolana, subarrotondata. Rari ciottoli centimetricida arrotondati a subarrotondati. Colore grigio.	2,9
28	29,50		Argilla limosa compatta. Color terra di Siena.	2,4
30				
32	31,90		Limo da sabbioso ad argilloso compatto. Si presentano alternanza di livelli millimetrici limoso-argillosi grigi a livelli millimetrici limoso-sabbiosi ocra. Sabbie fini micacee. Si presentano porzioni decimetiche ad argilla prevalente, e porzioni decimetriche a sabbia prevalente.	0,9
	32,80		Sabbia limosa compatta. Color terra di Siena.	0,2
	33,00		Limo da sabbioso ad argilloso, compatto. Si presentano alternanza di livelli millimetrici limoso-argillosi grigi a livelli millimetrici limoso-sabbiosi ocra. Sabbie fini micacee. Si presentano porzioni decimetiche ad argilla prevalente, e porzioni decimetriche a sabbia prevalente.	0,6
34	33,60		Sabbia limosa compatta. Color terra di Siena.	1,4
	35,00			

Carotaggio [%] 0 25 50 75 100 — RQD 0 25 50 75 100

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa

18,00 **09-15-26** (C) 18,50
21,00 **09-16-19** (C) 21,45
24,00 **10-15-18** (C) 24,45
27,00 **09-13-15** (C) 27,45

Campioni Geotecnici: 22,00 CR3 23,00 — 30,00 CI1 30,50

Campioni Ambientali | Prove Permeabilità | Prove Deformabilità (Press./Dilat.) | Carotiere (m) | Rivestimento (m) | Schema Allestimento | Livello di falda

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia | Tubo cieco | Tubo fessurato | Ghiaia | Compactonite
Tappo di testa | Tappo di fondo

Sondaggio: S5

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Antonio Iannuzzi
Geologo: Marco Ena
Data esecuzione: 08-11.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Comacchio GEO 602
Sistema perforazione: carotaggio continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Piezometro
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00	Terreno vegetale costituito da sabbia da limosa a con limo color marrone.	0,8
0,80	Sabbia eterometrica debolmente limosa con ghiaia eterometrica e subarrotondata. Locali ciottoli diam. max 7 cm.	5,2
6,00	Sabbia media e fine limosa marrone.	0,4
6,40	Sabbia eterometrica marrone, localmente debolmente limosa, con ghiaia eterometrica e subarrotondata e sporadici ciottoli, diam. max 9 cm. A tratti la ghiaia è prevalente.	20,3

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici
1,50 – 13-21-17 (C) – 1,95	
3,00 – 18-36-22 (C) – 3,45	
4,50 – 16-33-24 (C) – 4,95	4,50 – CR1 – 5,00
6,00 – 13-27-21 (C) – 6,45	
7,50 – 19-34-26 (C) – 7,95	
9,00 – 22-33-31 (C) – 9,45	
10,50 – 19-18-32 (C) – 10,95	
12,00 – 18-29-24 (C) – 12,45	
13,50 – 23-29-37 (C) – 13,95	
15,00 – 21-32-31 (C) – 15,45	

Semplice 101 mm
127 mm

Livello di falda: 7,1

Legenda allestimento: Miscela cementizia, Tubo cieco, Tubo fessurato, Ghiaia, Compactonite, Tappo di testa, Tappo di fondo

NOTE:

Sondaggio: S5

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Antonio Iannuzzi
Geologo: Marco Ena
Data esecuzione: 08-11.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Comacchio GEO 602
Sistema perforazione: carotaggio continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Piezometro
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)
26,70		Sabbia fine e media limosa debolmente ghiaiosa.	0,2
27,90		Ghiaia media e fine subarrotondata con sabbia marrone eterometrica.	1,1
29,00		Limo ocra con sabbia fine.	4
33,00		Sabbia eterometrica debolmente limosa con ghiaia eterometrica e subarrotondata.	2
35,00			

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici
18,00	
20-38-26 (C)	
18,50	
21,00	
24-30-37 (C)	
21,45	
24,00	
21-34-33 (C)	
24,45	
27,00	27,00
28-37-33 (C)	CR2
27,45	27,50
30,00	
18-19-24 (C)	30,50
30,45	CR3
	31,00
33,00	
28-29-34 (C)	
33,45	

Carotaggio [%] 0 25 50 75 100 — RQD 0 25 50 75 100

Campioni Ambientali | Prove Permeabilità | Prove Deformabilità (Press./Dilat.) | Carotiere (m) | Rivestimento (m) | Schema Allestimento | Livello di falda

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia | Tubo cieco | Tubo fessurato | Ghiaia | Compactonite
Tappo di testa | Tappo di fondo

Sondaggio: S6

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Marco Ena
Data esecuzione: 08-11.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Tubazione per prova DH
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00			
		Terreno vegetale costituito da limo sabbioso marrorone.	0,7
0,70			
		Ghiaia eterometrica e subarrotondata con sabbia eterometrica marrone, localmente debolmente limosa.	10,3
11,00			

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici
1,50	
39-R (7 cm) (C)	
1,72	
3,00	
42-R (10 cm) (C)	
3,25	
4,50	
39-47-R (3 cm) (C)	
4,83	
6,00	
36-39-47 (C)	
6,45	
7,50	
31-39-44 (C)	
7,95	
9,00	
25-37-39 (C)	
9,45	
10,50	10,00
22-26-37 (C)	CR1
10,95	11,00
12,00	
29-38-32 (C)	
12,45	
13,50	
19-21-30 (C)	
13,95	
15,00	
17-22-30 (C)	
15,45	

Semplice 101 mm
127 mm
0,2

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia, Tubo cieco, Tubo fessurato, Ghiaia, Compactonite, Tappo di testa, Tappo di fondo

Sondaggio: S6

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Kuldeep Singh
Geologo: Marco Ena
Data esecuzione: 08-11.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: Tubazione per prova DH
Chiusino: fuori terra

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Scala (m)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)	Manovre (m)	Pocket Penetrometer (Kg/cm²)	Vane Test (Kg/cm²)	Carotaggio [%] / RQD	SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici	Campioni Ambientali	Prove Permeabilità	Prove Deformabilità (Press./Dilat.)	Carotiere (m) / Rivestimento (m)	Schema Allestimento	Livello di falda
18									18,00							
									26-27-29 (C)							
									18,50							
20			Sabbia eterometrica marrone, da debolmente limosa a limosa, con ghiaia eterometrica e subarrotondata con rari ciottoli.	18,5												
									21,00							
									18-22-23 (C)							
									21,45							
22																
24									24,00	24,00						
									16-19-21 (C)	CR2						
									24,45	25,00						
26																
									27,00							
									12-10-18 (C)							
									27,45							
28																
	29,50															
30									30,00	30,00						
									3-2-5 (C)	CI1						
									30,45	30,50						
			Limo marrone chiaro sabbioso passante verso il basso a sabbia con limo.	3,9												
32										32,50						
										CI2						
										33,00						
	33,40									CR3						
34			Sabbia eterometrica marrone da debolmente limosa a limosa con ghiaia eterometrica e subarrotondata.	1,6						34,00						
	35,00													35,0		

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia | Tubo cieco | Tubo fessurato | Ghiaia | Compactonite
Tappo di testa | Tappo di fondo

Sondaggio: S7

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In S.p.A.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Singh Kuldeep
Geologo: Valentino Scazzosi
Data esecuzione: 24-25.03.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: carotaggio continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: verticale
Allestimento: ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Scala (m)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)
0	0,00		Terreno di coltivo costituito da sabbia limosa debolmente ghiaiosa fine di colore ocra	0,5
2	0,50		Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata debolmente ciottolosa con sabbia debolmente grossolana a debole componente limosa di colore grigio chiaro. Livello ben addensato e asciutto	5
4	5,50		Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata ciottolosa (diam max 11 cm) con sabbia medio grossolana debolmente limosa di colore passante dal grigio verdastro al grigio chiaro. livello ben pensato	20,5
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				

Manovre (m)	Pocket Penetrometer (Kg/cm²)	Vane Test (Kg/cm²)	Carotaggio [%]	RQD	SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	Campioni Geotecnici	Campioni Ambientali	Prove Permeabilità	Prove Deformabilità (Press./Dilat.)	Carotiere (m)	Rivestimento (m)	Schema Allestimento	Livello di falda
					1,50 **15-18-23** (C) 1,95					Semplice 101 mm	127 mm		
					3,00 **19-25-27** (C) 3,45								
					4,50 **17-24-23** (C) 4,95								
					6,00 **16-19-17** (C) 6,45								
					7,50 **15-18-23** (C) 7,95								
					9,00 **14-19-20** (C) 9,45								
					10,50 **10-14-14** (C) 10,95								
					12,00 **8-11-16** (C) 12,45								
					13,50 **12-22-21** (C) 13,95								
					15,00 **16-21-14** (C) 15,45								
					18,00 **09-22-17** (C) 18,50								
					21,00 **24-34-37** (C) 21,45								

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia | Tubo cieco | Tubo fessurato | Ghiaia | Compactonite | Tappo di testa | Tappo di fondo

Sondaggio: S7

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In S.p.A.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Singh Kuldeep
Geologo: Valentino Scazzosi
Data esecuzione: 24-25.03.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: carotaggio continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: verticale
Allestimento: ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Scala (m)	Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)
24				
	26,00		Ghiaia eterometrica poligenica subbarrotondata e sabbia medio grossolana debolmente limosa di colore grigio verdastro, ben addensata ed umida	3,5
28	29,50		Sabbia fine limosa di color ruggine ben addensata	0,5
30	30,00		Sabbia medio fine di colore nocciola con sfumature aranciate inglobante rara frazione ghiaiosa medio fine	0,6
	30,60		Limo argilloso ben condistente e plastico di colore passante dal ruggine al grigio, inglobante plaghe di materia organica	0,4
	31,00			
32			Sabbie medio fini debolmente limose di cololre nocciola ben addensate	4
34	35,00			

Manovre (m) | Pocket Penetrometer (Kg/cm²) | Vane Test (Kg/cm²) | Carotaggio [%] | RQD | SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa | Campioni Geotecnici | Campioni Ambientali | Prove Permeabilità | Prove Deformabilità (Press./Dilat.) | Carotiere (m) | Rivestimento (m) | Schema Allestimento | Livello di falda

24,00	
21-27-37 (C)	
24,45	
27,00	
14-12-9 (C)	
27,45	
30,00	
6-8-13 (C)	
30,45	
33,00	
6-8-11 (C)	
33,45	

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia | Tubo cieco | Tubo fessurato | Ghiaia | Compactonite
Tappo di testa | Tappo di fondo

Sondaggio: S8

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Singh Kuldeep
Geologo: Valentino Scazzosi
Data esecuzione: 15-17.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Litologia	Stratigrafia	Spessore (m)
0,00		Sabbia limosa di colore nocciola inglobante ghiaia eterometrica e rari laterizi.	1,6
1,60		Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata ciottolosa con sabbia medio grossolana debolmente limosa di colore beige. Livello ben addensato ed asciutto sino a -8 m poi molto umido per presenza di falda.	8,4
10,00		Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata debolmente ciottolosa e sabbia da debolmente limosa a limosa di colore grigio.	3,2
13,20		Sabbia media e medio fine, debolmente limosa, ben addensata, di colore grigio, molto umida.	1,8
15,00			

Scala (m): 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16

Manovre (m)

Pocket Penetrometer (Kg/cm²)

Vane Test (Kg/cm²)

Carotaggio [%] 0 25 50 75 100 — RQD 0 25 50 75 100

SPT (N1,N2,N3) — (A) Punta aperta (C) Punta chiusa

1,50	7-12-26	(C)
1,95		
3,00	10-24-29	(C)
3,45		
4,50	16-25-33	(C)
4,95		
6,00	38-R (10 cm)	(C)
6,45		
7,50	40-R (8 cm)	(C)
7,95		
9,00	26-23-41	(C)
9,45		
13,50	8-17-21	(C)
13,95		
15,00	9-18-27	(C)
15,45		

Campioni Geotecnici

Campioni Ambientali

Prove Permeabilità

Prove Deformabilità (Press./Dilat.)

Carotiere (m): Semplice 101 mm

Rivestimento (m): 127 mm

Schema Allestimento

Livello di falda

NOTE:

Legenda allestimento
Miscela cementizia — Tubo cieco — Tubo fessurato — Ghiaia — Compactonite
Tappo di testa — Tappo di fondo

Sondaggio: S8

Cliente: Studio Idrogeotecnico S.r.l.
Progetto: Indagine geognostica
Località: Vignate (MI)

Tecno In s.r.l.
Via G. Marcora 52
20097 San Donato Milanese (MI)
Prove in sito conc. Min. LL.PP. N° 53363 del 06.05.05

Operatore: Singh Kuldeep
Geologo: Valentino Scazzosi
Data esecuzione: 15-17.04.24
Profondità: 35 m

Sonda perforatrice: Casagrande C3
Sistema perforazione: Carotaggio Continuo
Diam. min. (mm): 101
Diam. max. (mm): 127

Inclinazione: Verticale
Allestimento: ritombato
Chiusino: n.a.

Coordinata EST:
Coordinata NORD:
Quota s.l.m.m.: m

Profondità (m p.c.)	Stratigrafia	Spessore (m)
28,40	Ghiaia eterometrica poligenica subarrotondata e sabbia debolmente limosa di colore grigio verdastro ben addensata e molto umida.	13,6
29,00	Sabbia medio grossolana debolmente limosa e debolmente ghiaiosa, ben addensata molto umida, di colore grigio verdastro.	0,6
30,00	Limo sabbioso debolmente argilloso inglobante frazione ghiaiosa subarotondata, duro.	1
32,00	Sabbia medio fine da debolmente limosa a limosa, di colore grigio con screziature aranciate, ben addensata e umida.	2
35,00	Sabbia media debolmente limosa di colore grigio, ben addensata ed umida.	3

SPT (N1,N2,N3) (A) Punta aperta (C) Punta chiusa	
18,00	
16-26-38	(C)
18,50	
21,00	
18-21-31	(C)
21,45	
24,00	
26-27-32	(C)
24,45	
27,00	
09-16-19	(C)
27,45	
30,00	
9-11-13	(C)
30,45	

Legenda allestimento: Miscela cementizia, Tubo cieco, Tubo fessurato, Ghiaia, Compactonite, Tappo di testa, Tappo di fondo

NOTE:

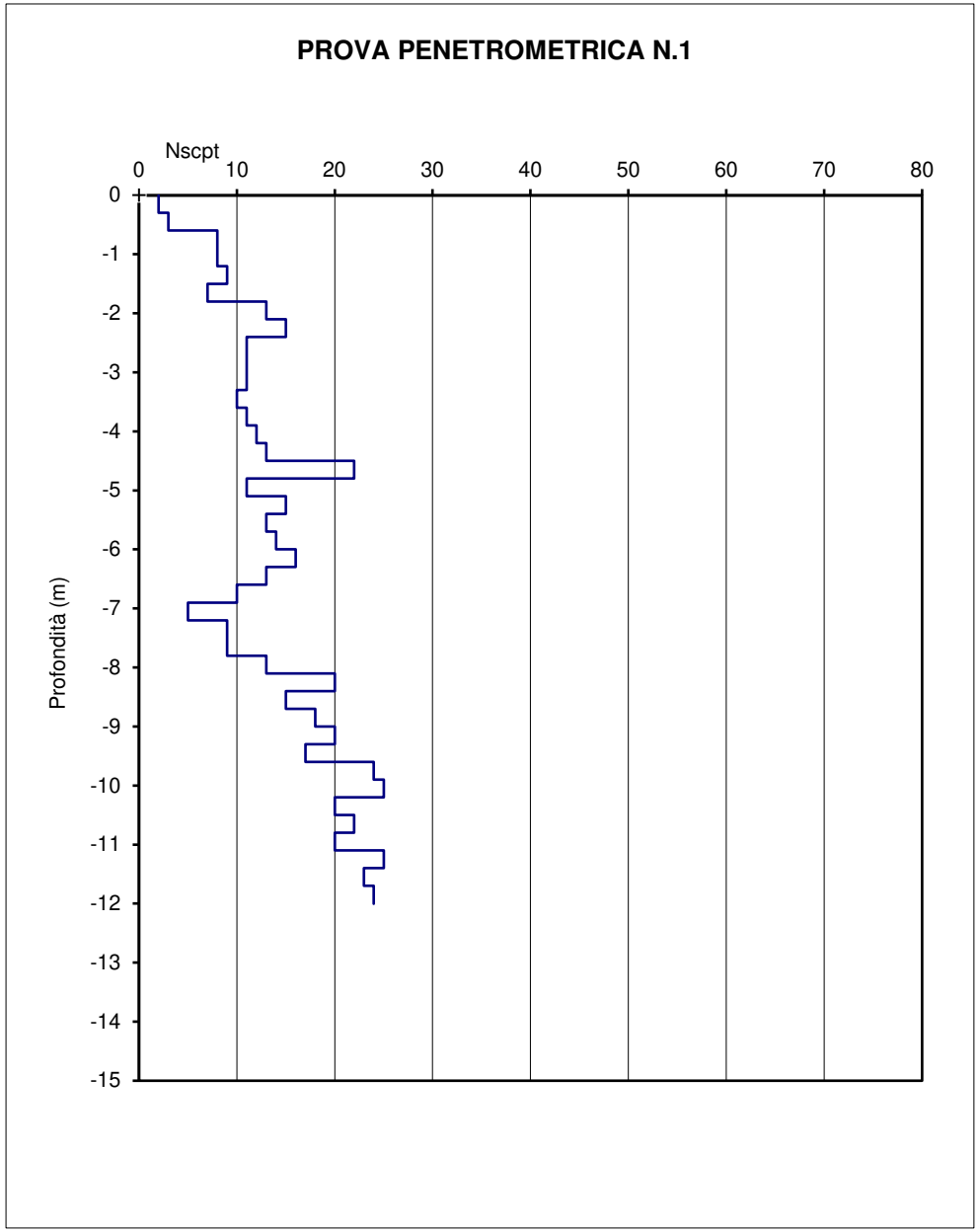
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	8	
	8	
-1,5	9	
	7	
	13	
	15	
	11	
-3	11	
	11	
	10	
	11	
	12	
-4,5	13	
	22	
	11	
	15	
	13	
-6	14	
	16	
	13	
	10	
	5	
-7,5	9	

Profondità	RP	RL
	9	
	13	
	20	
	15	
-9	18	
	20	
	17	
	24	
	25	
-10,5	20	
	22	
	20	
	25	
	23	
-12	24	
-13,5		
-15		



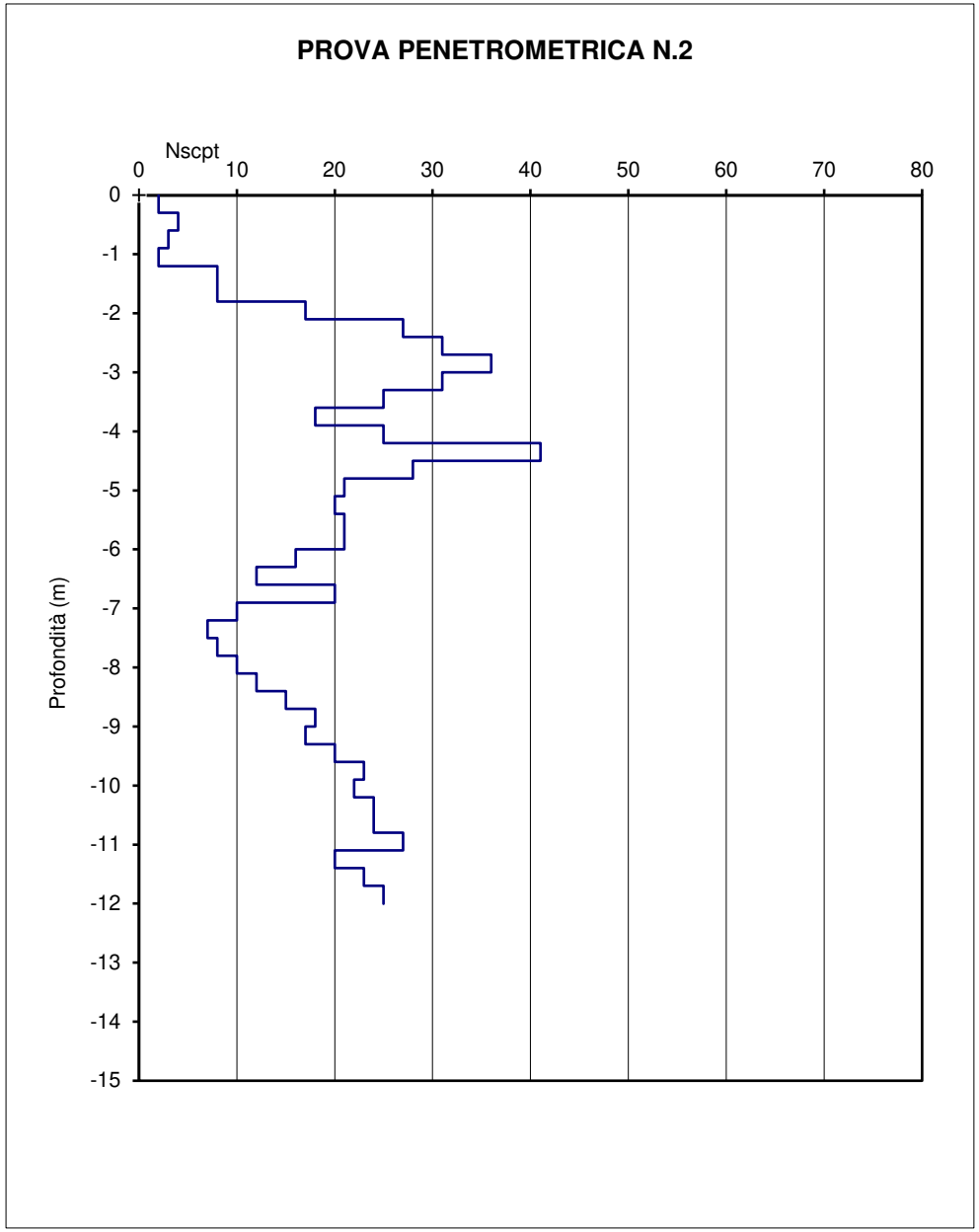
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	4	
	3	
	2	
-1,5	8	
	8	
	17	
	27	
	31	
-3	36	
	31	
	25	
	18	
	25	
-4,5	41	
	28	
	21	
	20	
	21	
-6	21	
	16	
	12	
	20	
	10	
-7,5	7	

Profondità	RP	RL
	8	
	10	
	12	
	15	
-9	18	
	17	
	20	
	23	
	22	
-10,5	24	
	24	
	27	
	20	
	23	
-12	25	
-13,5		
-15		



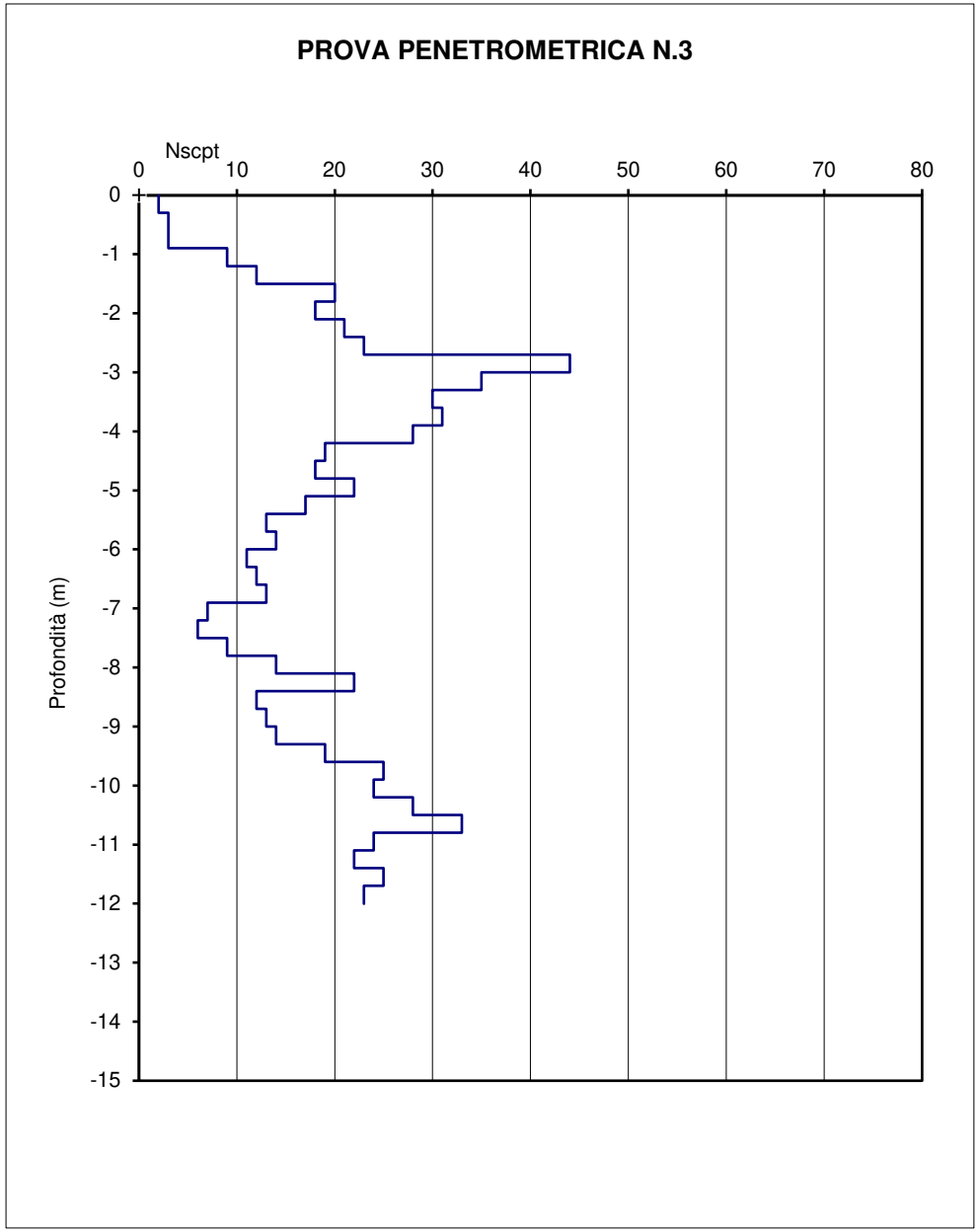
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	3	
	9	
-1,5	12	
	20	
	18	
	21	
	23	
-3	44	
	35	
	30	
	31	
	28	
-4,5	19	
	18	
	22	
	17	
	13	
-6	14	
	11	
	12	
	13	
	7	
-7,5	6	

Profondità	RP	RL
	9	
	14	
	22	
	12	
-9	13	
	14	
	19	
	25	
	24	
-10,5	28	
	33	
	24	
	22	
	25	
-12	23	
-13,5		
-15		



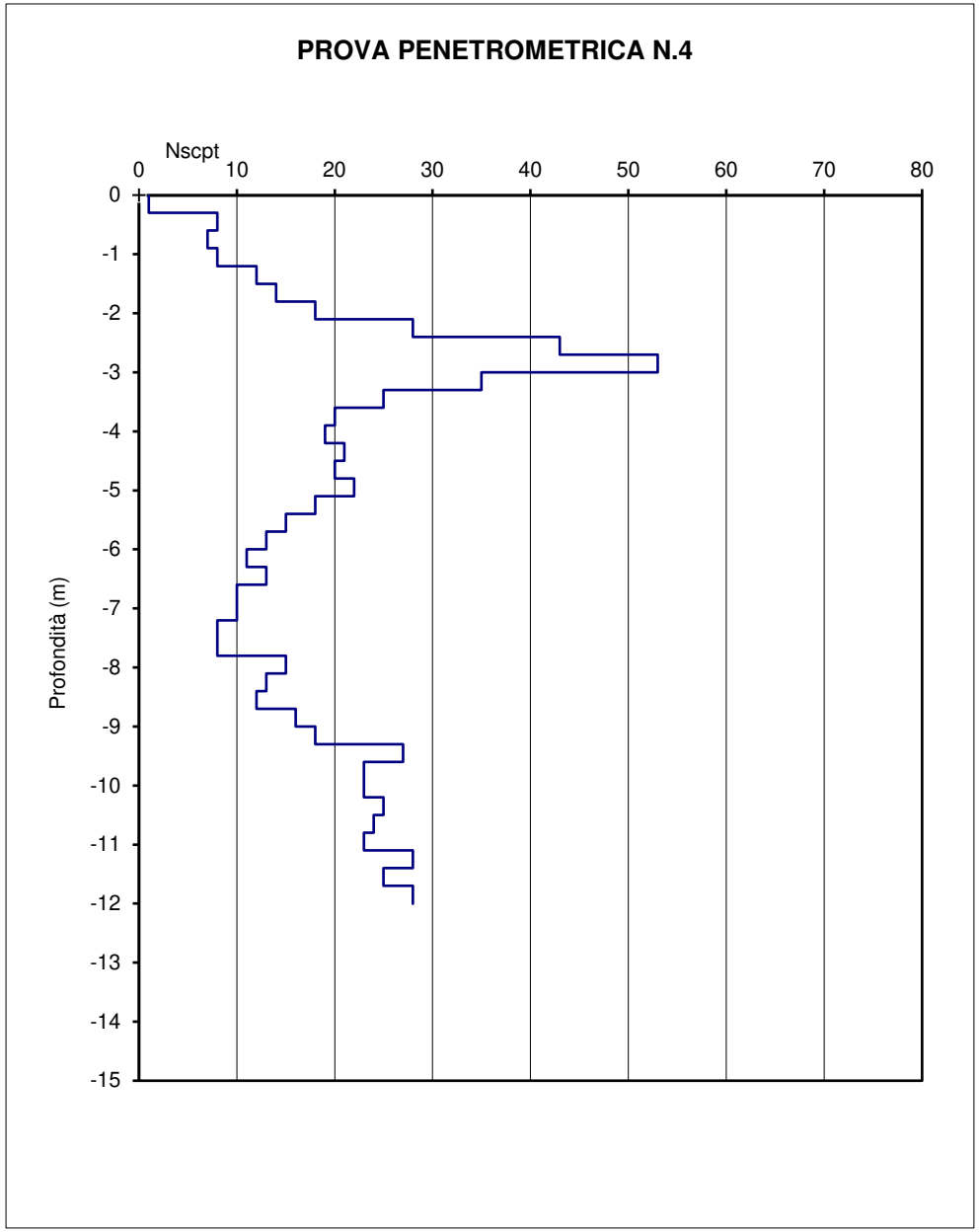
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	1	
	8	
	7	
	8	
-1,5	12	
	14	
	18	
	28	
	43	
-3	53	
	35	
	25	
	20	
	19	
-4,5	21	
	20	
	22	
	18	
	15	
-6	13	
	11	
	13	
	10	
	10	
-7,5	8	

Profondità	RP	RL
	8	
	15	
	13	
	12	
-9	16	
	18	
	27	
	23	
	23	
-10,5	25	
	24	
	23	
	28	
	25	
-12	28	
-13,5		
-15		



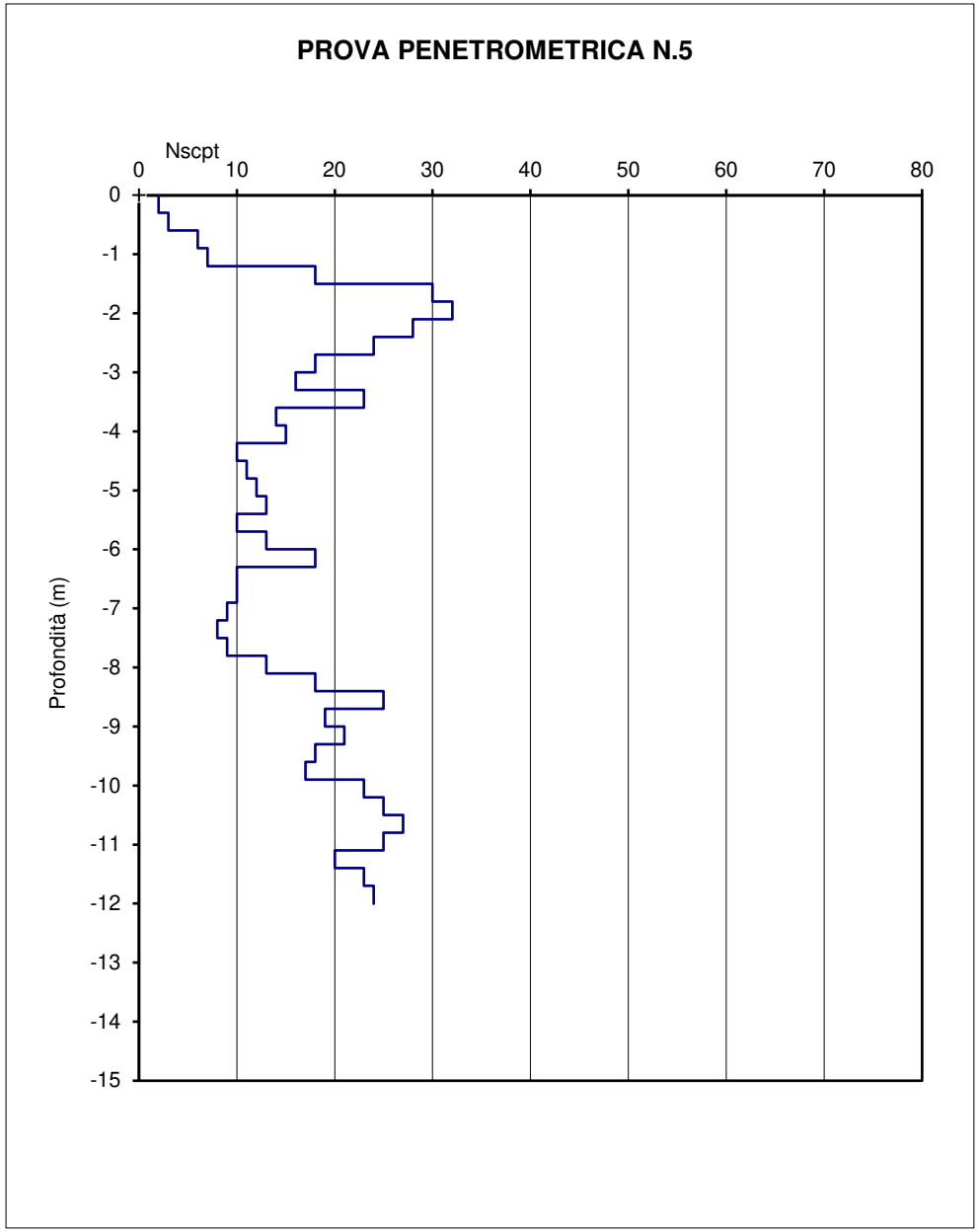
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	6	
	7	
-1,5	18	
	30	
	32	
	28	
	24	
-3	18	
	16	
	23	
	14	
	15	
-4,5	10	
	11	
	12	
	13	
	10	
-6	13	
	18	
	10	
	10	
	9	
-7,5	8	

Profondità	RP	RL
	9	
	13	
	18	
	25	
-9	19	
	21	
	18	
	17	
	23	
-10,5	25	
	27	
	25	
	20	
	23	
-12	24	
-13,5		
-15		



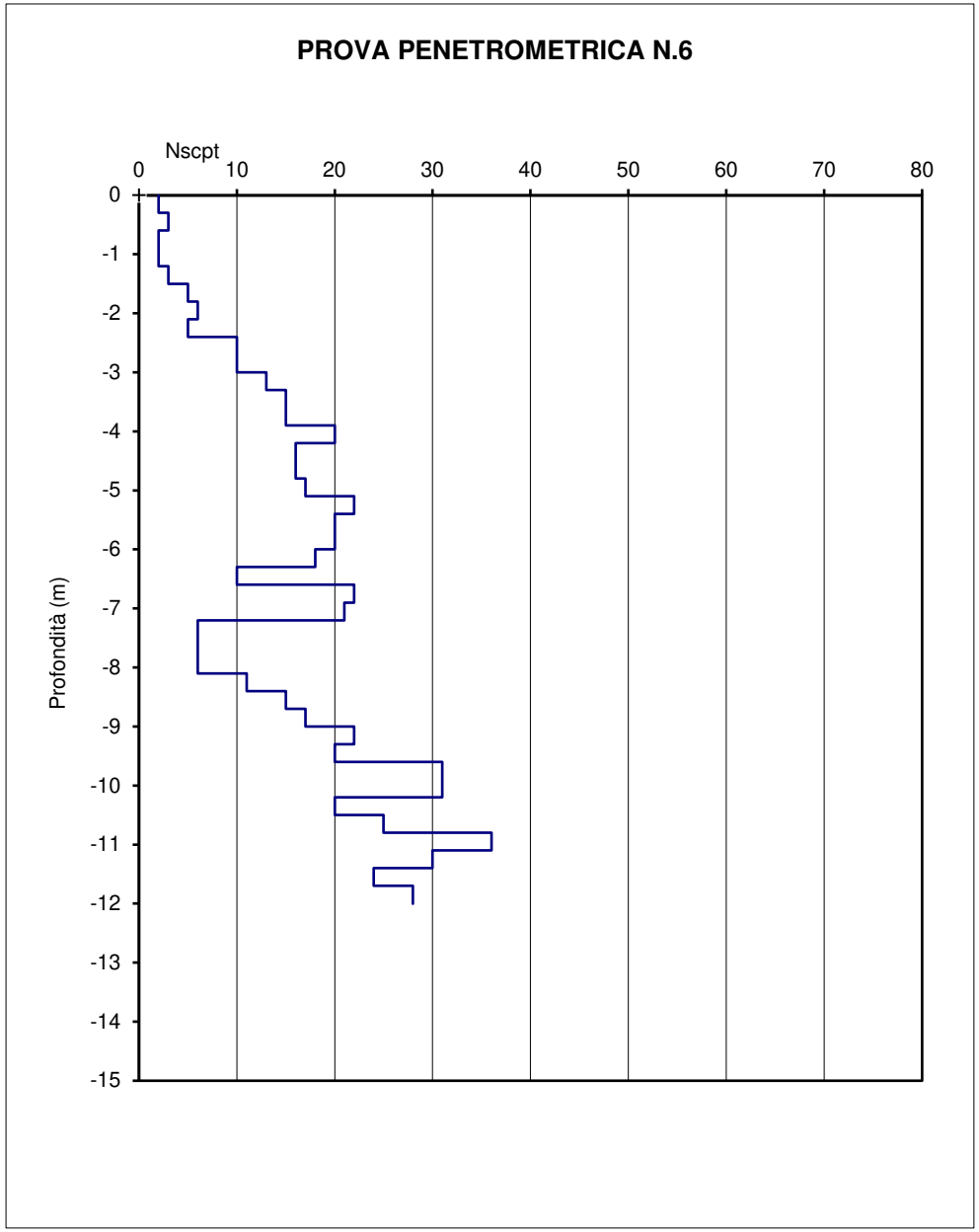
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	2	
	2	
-1,5	3	
	5	
	6	
	5	
	10	
-3	10	
	13	
	15	
	15	
	20	
-4,5	16	
	16	
	17	
	22	
	20	
-6	20	
	18	
	10	
	22	
	21	
-7,5	6	

Profondità	RP	RL
	6	
	6	
	11	
	15	
-9	17	
	22	
	20	
	31	
	31	
-10,5	20	
	25	
	36	
	30	
	24	
-12	28	
-13,5		
-15		



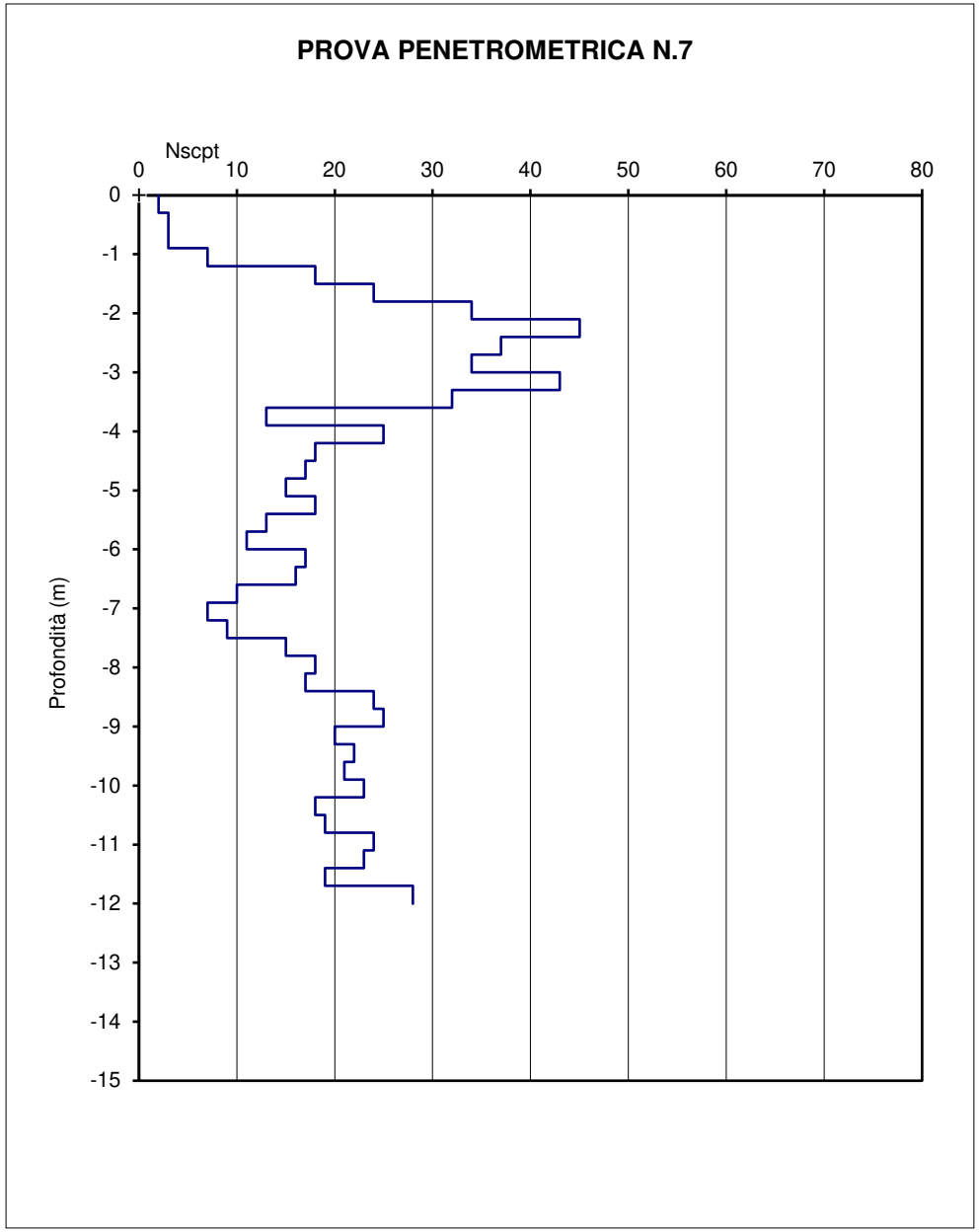
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	3	
	7	
-1,5	18	
	24	
	34	
	45	
	37	
-3	34	
	43	
	32	
	13	
	25	
-4,5	18	
	17	
	15	
	18	
	13	
-6	11	
	17	
	16	
	10	
	7	
-7,5	9	

Profondità	RP	RL
	15	
	18	
	17	
	24	
-9	25	
	20	
	22	
	21	
	23	
-10,5	18	
	19	
	24	
	23	
	19	
-12	28	
-13,5		
-15		



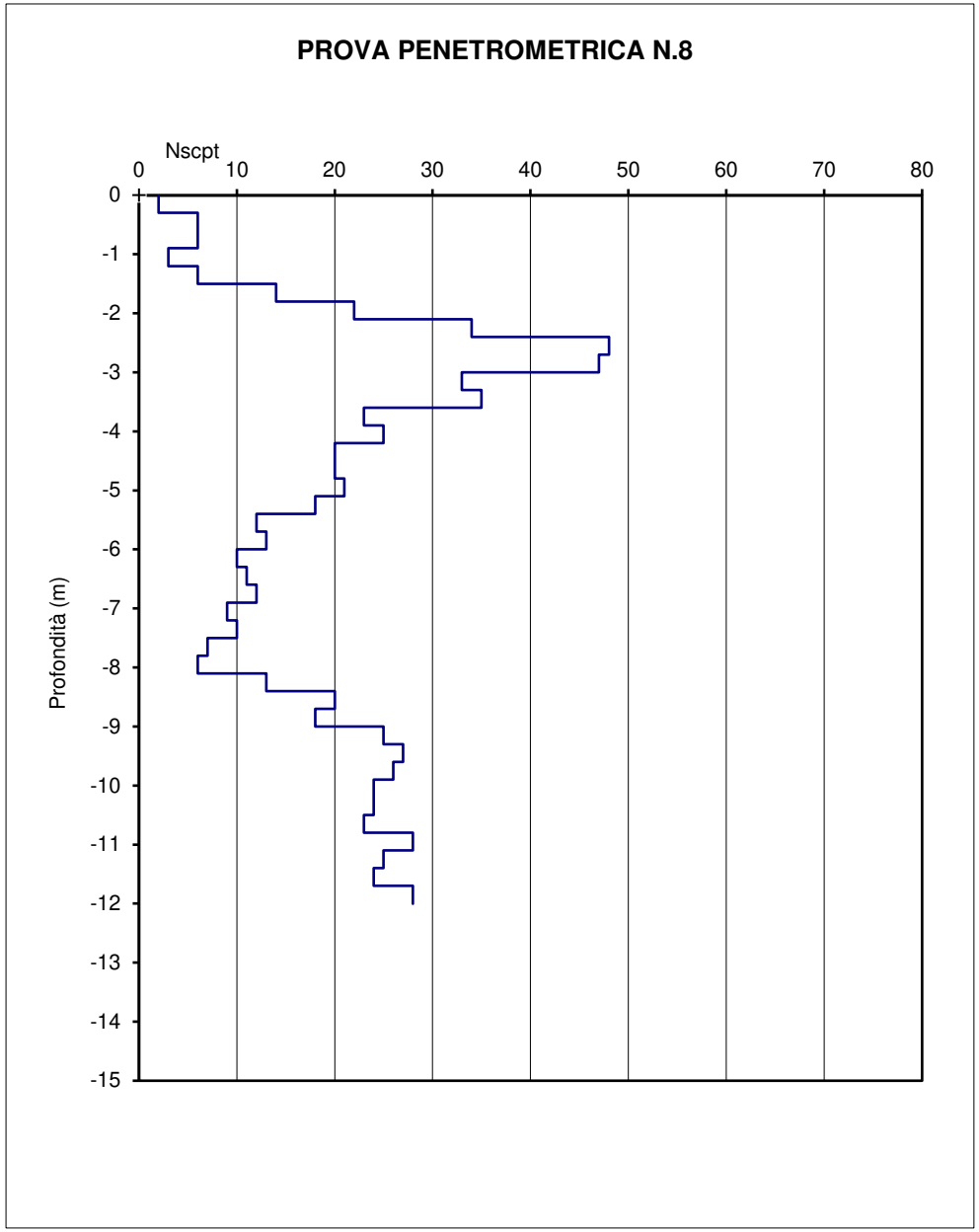
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	6	
	6	
	3	
-1,5	6	
	14	
	22	
	34	
	48	
-3	47	
	33	
	35	
	23	
	25	
-4,5	20	
	20	
	21	
	18	
	12	
-6	13	
	10	
	11	
	12	
	9	
-7,5	10	

Profondità	RP	RL
	7	
	6	
	13	
	20	
-9	18	
	25	
	27	
	26	
	24	
-10,5	24	
	23	
	28	
	25	
	24	
-12	28	
-13,5		
-15		



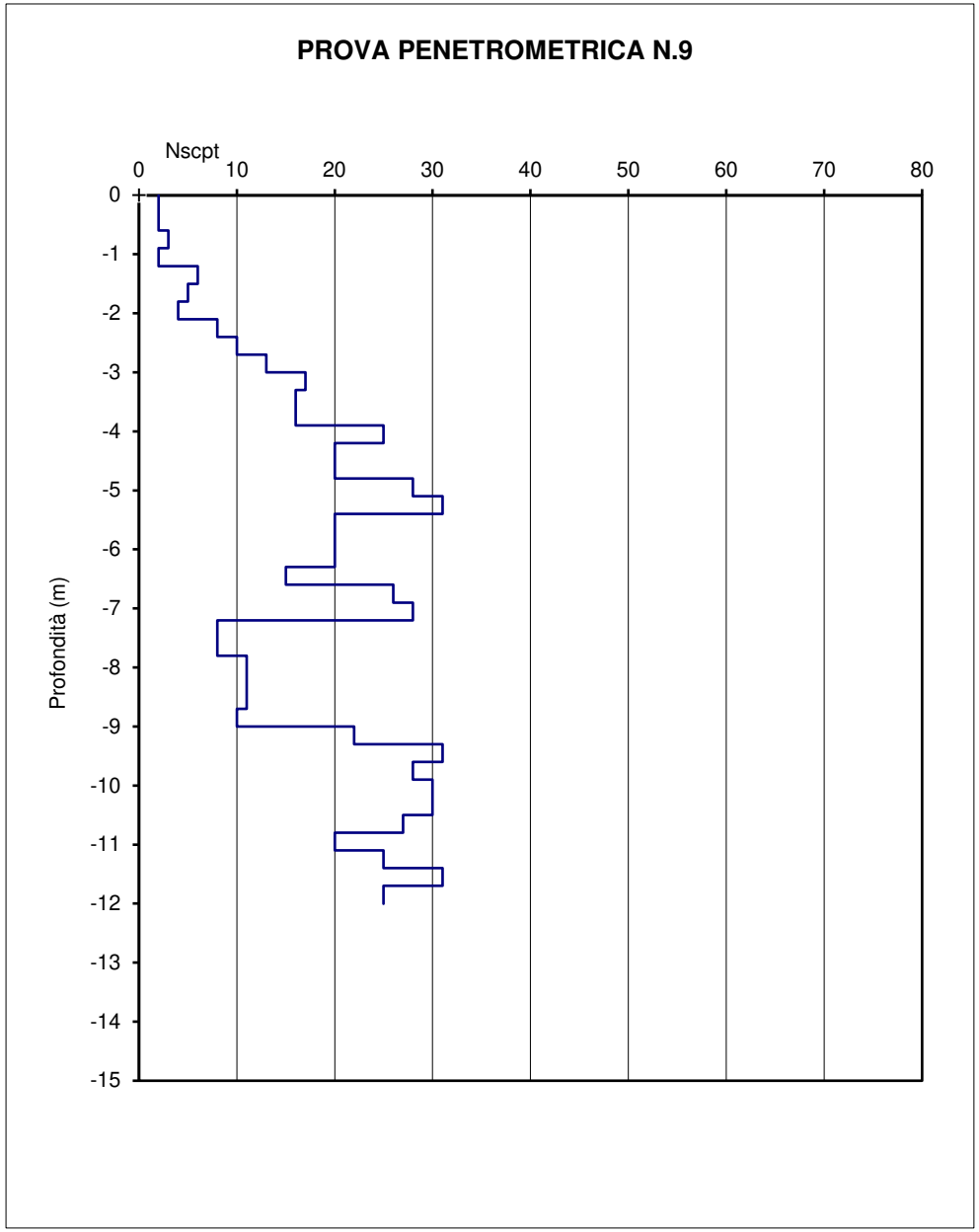
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	2	
	3	
	2	
-1,5	6	
	5	
	4	
	8	
	10	
-3	13	
	17	
	16	
	16	
	25	
-4,5	20	
	20	
	28	
	31	
	20	
-6	20	
	20	
	15	
	26	
	28	
-7,5	8	

Profondità	RP	RL
	8	
	11	
	11	
	11	
-9	10	
	22	
	31	
	28	
	30	
-10,5	30	
	27	
	20	
	25	
	31	
-12	25	
-13,5		
-15		



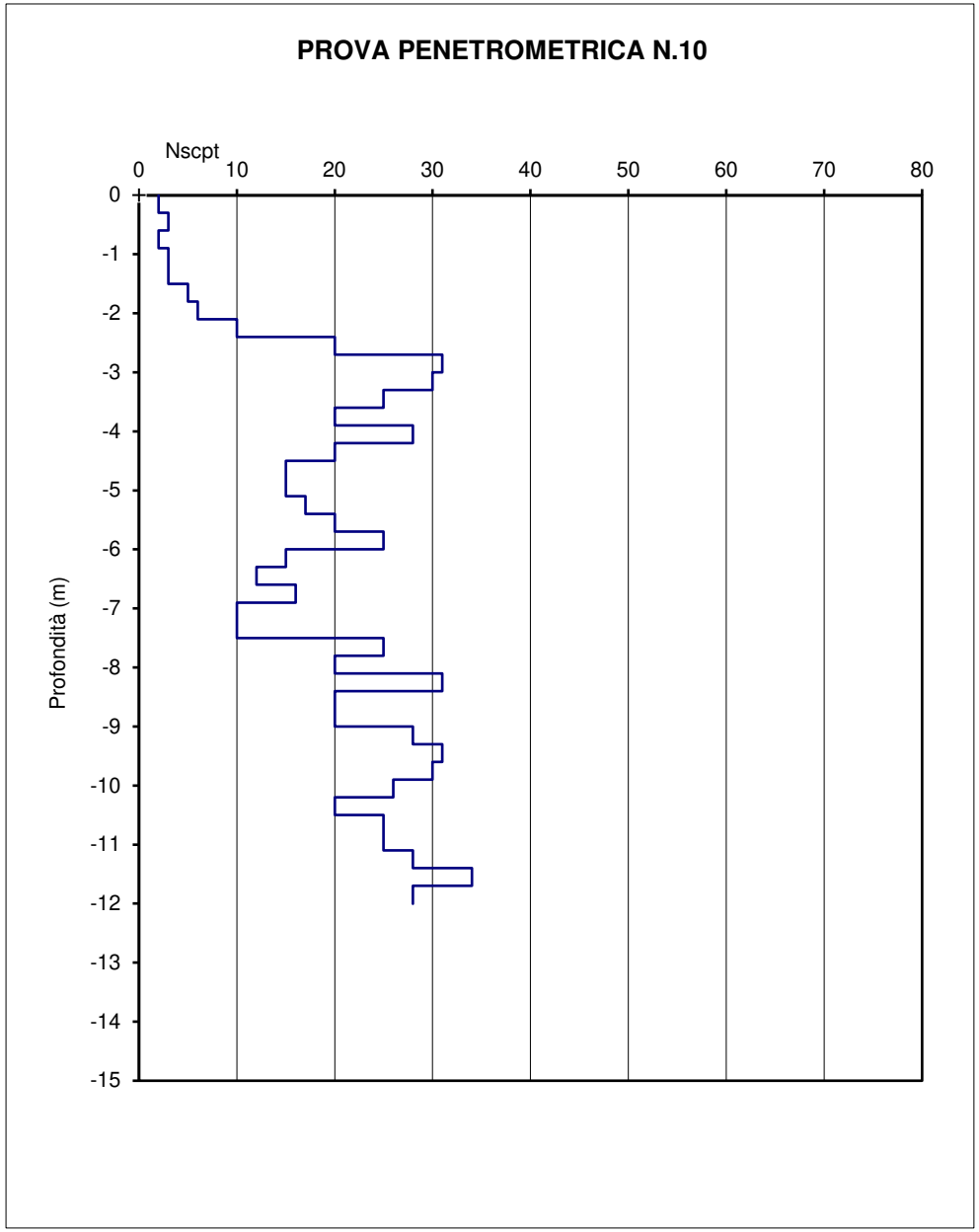
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	2	
	3	
-1,5	3	
	5	
	6	
	10	
	20	
-3	31	
	30	
	25	
	20	
	28	
-4,5	20	
	15	
	15	
	17	
	20	
-6	25	
	15	
	12	
	16	
	10	
-7,5	10	

Profondità	RP	RL
	25	
	20	
	31	
	20	
-9	20	
	28	
	31	
	30	
	26	
-10,5	20	
	25	
	25	
	28	
	34	
-12	28	
-13,5		
-15		



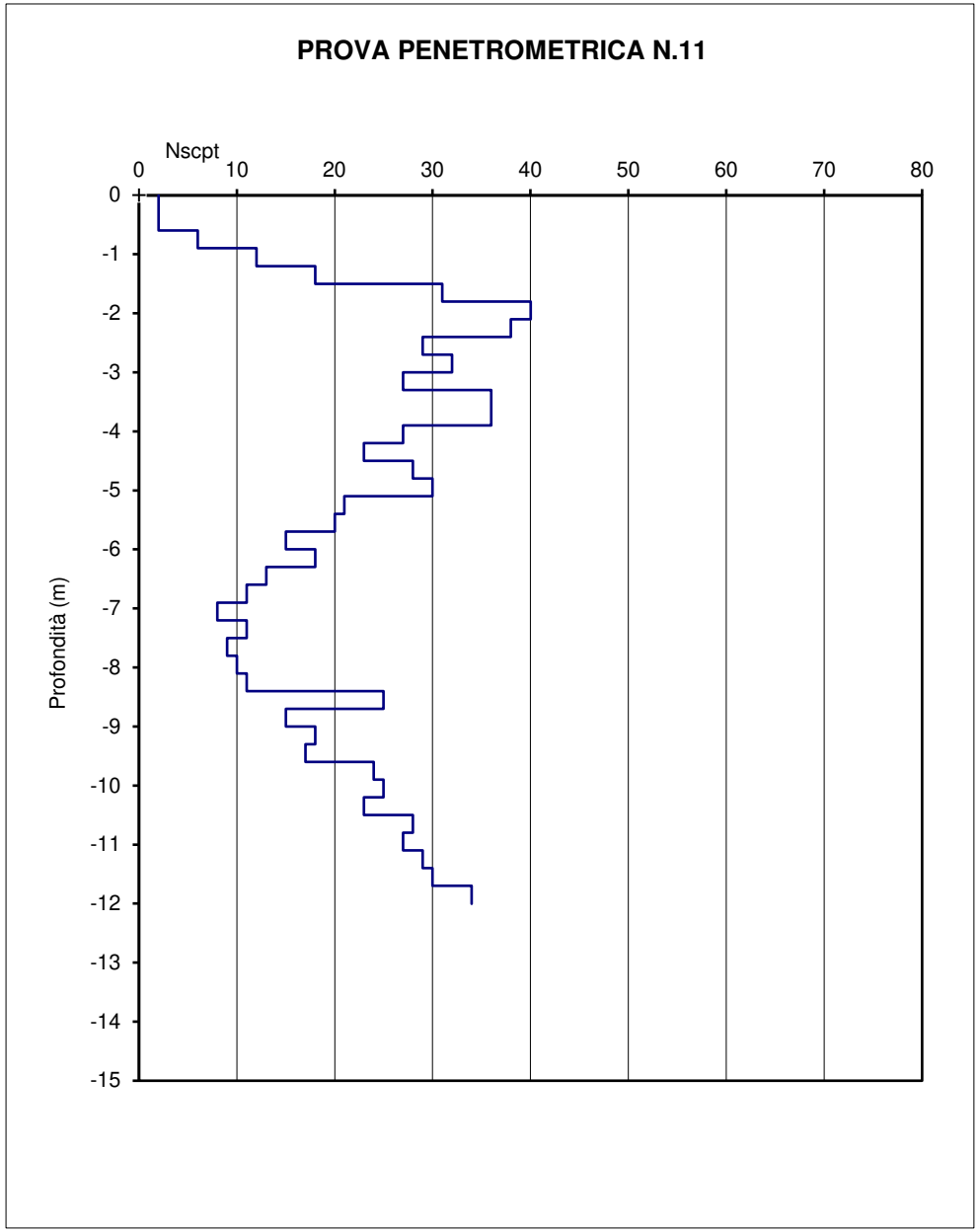
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	2	
	6	
	12	
-1,5	18	
	31	
	40	
	38	
	29	
-3	32	
	27	
	36	
	36	
	27	
-4,5	23	
	28	
	30	
	21	
	20	
-6	15	
	18	
	13	
	11	
	8	
-7,5	11	

Profondità	RP	RL
	9	
	10	
	11	
	25	
-9	15	
	18	
	17	
	24	
	25	
-10,5	23	
	28	
	27	
	29	
	30	
-12	34	
-13,5		
-15		



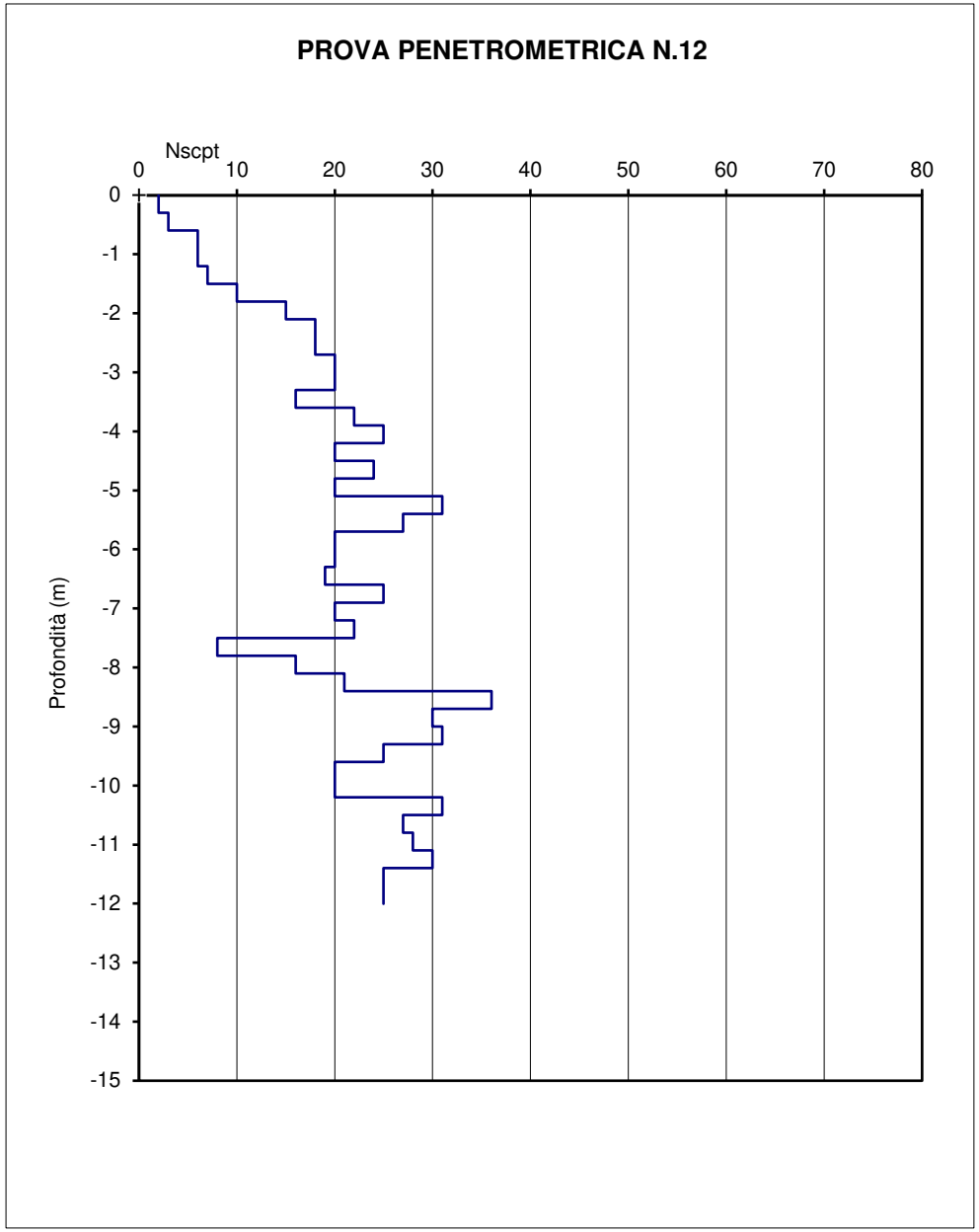
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	6	
	6	
-1,5	7	
	10	
	15	
	18	
	18	
-3	20	
	20	
	16	
	22	
	25	
-4,5	20	
	24	
	20	
	31	
	27	
-6	20	
	20	
	19	
	25	
	20	
-7,5	22	

Profondità	RP	RL
	8	
	16	
	21	
	36	
-9	30	
	31	
	25	
	20	
	20	
-10,5	31	
	27	
	28	
	30	
	25	
-12	25	
-13,5		
-15		



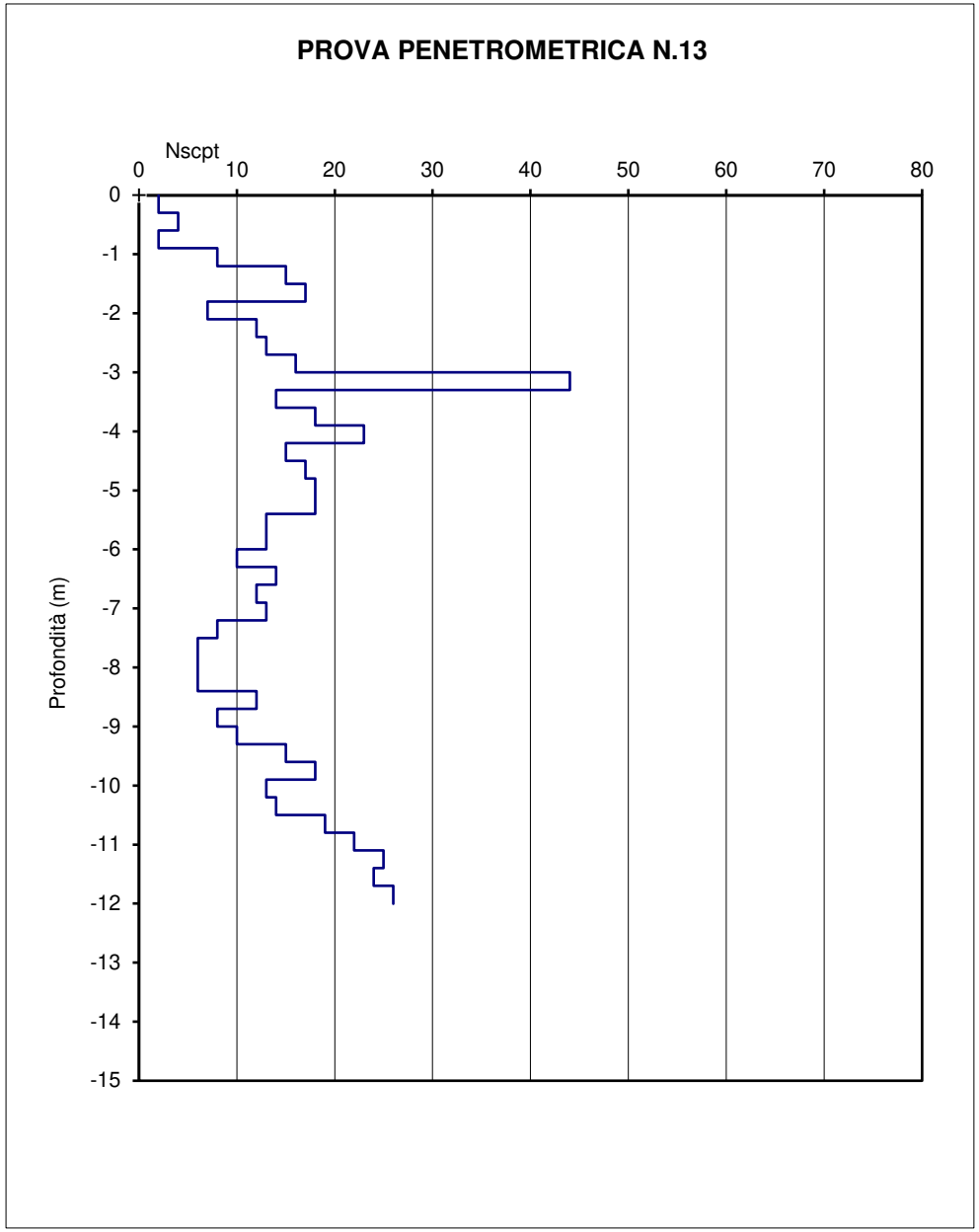
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	4	
	2	
	8	
-1,5	15	
	17	
	7	
	12	
	13	
-3	16	
	44	
	14	
	18	
	23	
-4,5	15	
	17	
	18	
	18	
	13	
-6	13	
	10	
	14	
	12	
	13	
-7,5	8	

Profondità	RP	RL
	6	
	6	
	6	
	12	
-9	8	
	10	
	15	
	18	
	13	
-10,5	14	
	19	
	22	
	25	
	24	
-12	26	
-13,5		
-15		



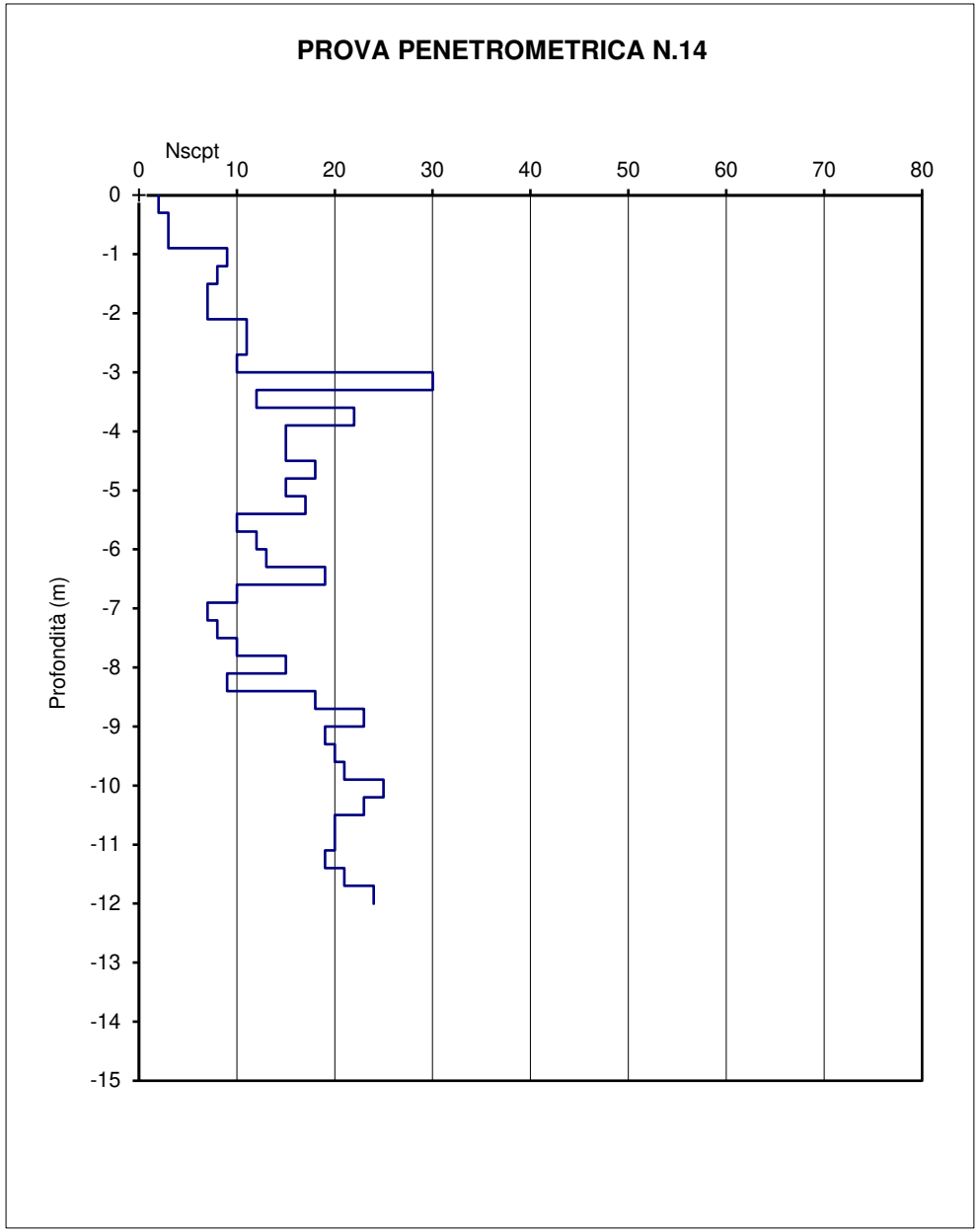
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	3	
	3	
	9	
-1,5	8	
	7	
	7	
	11	
	11	
-3	10	
	30	
	12	
	22	
	15	
-4,5	15	
	18	
	15	
	17	
	10	
-6	12	
	13	
	19	
	10	
	7	
-7,5	8	

Profondità	RP	RL
	10	
	15	
	9	
	18	
-9	23	
	19	
	20	
	21	
	25	
-10,5	23	
	20	
	20	
	19	
	21	
-12	24	
-13,5		
-15		



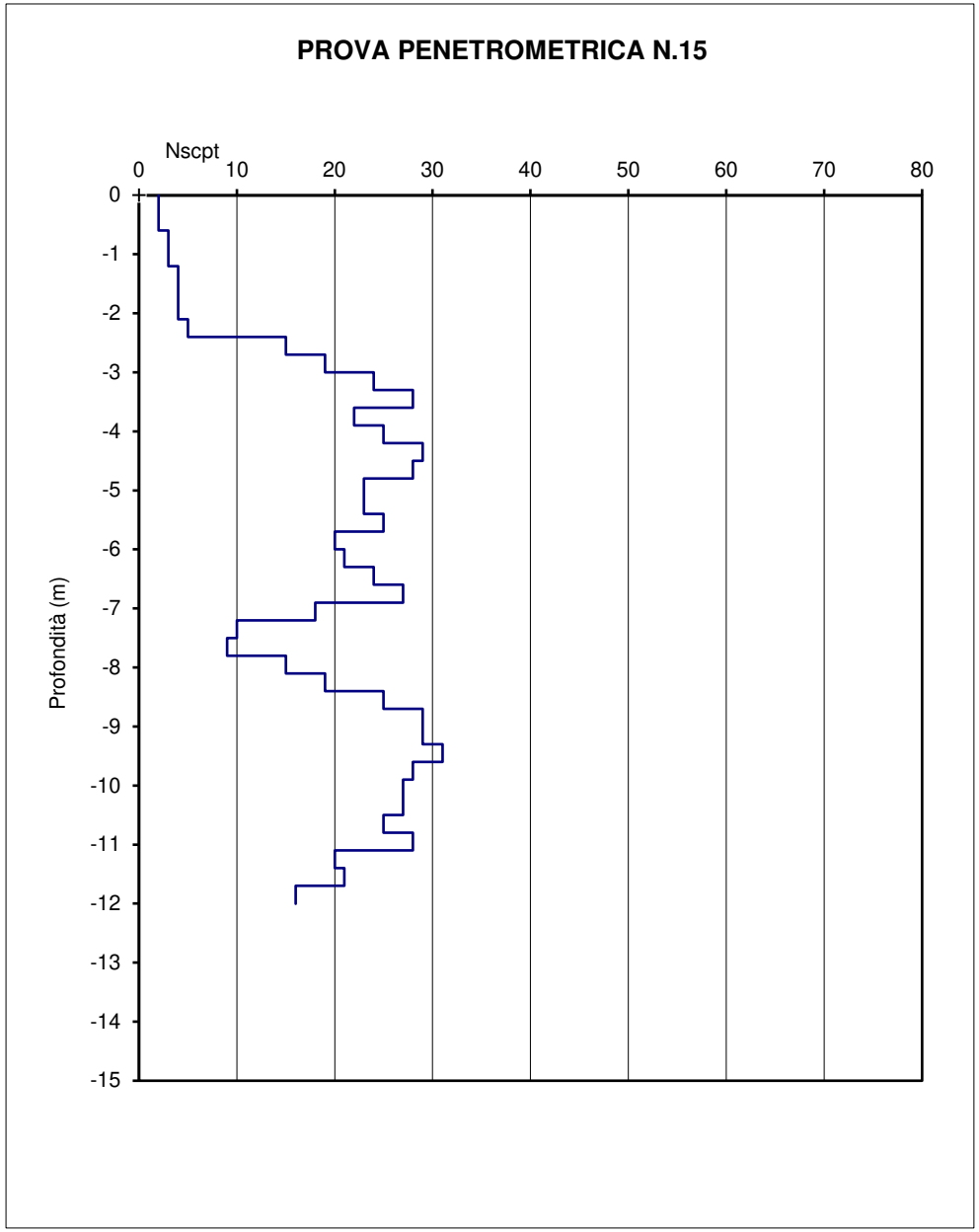
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	2	
	3	
	3	
-1,5	4	
	4	
	4	
	5	
	15	
-3	19	
	24	
	28	
	22	
	25	
-4,5	29	
	28	
	23	
	23	
	25	
-6	20	
	21	
	24	
	27	
	18	
-7,5	10	

Profondità	RP	RL
	9	
	15	
	19	
	25	
-9	29	
	29	
	31	
	28	
	27	
-10,5	27	
	25	
	28	
	20	
	21	
-12	16	
-13,5		
-15		



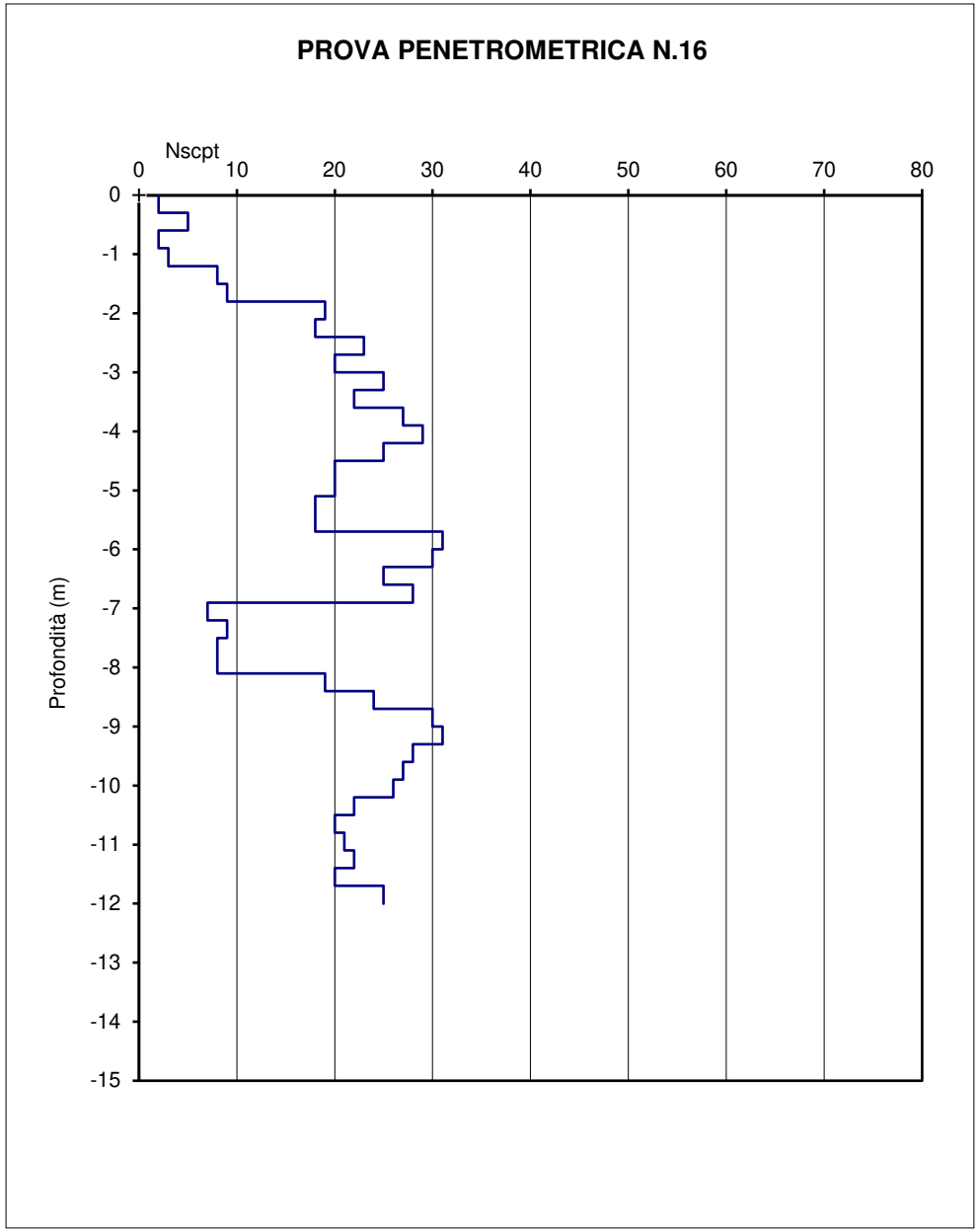
CANTIERE DI VIGNATE - VIA PUGLIA

DATA DI ESECUZIONE DELLE PROVE: 5-8/04/2024

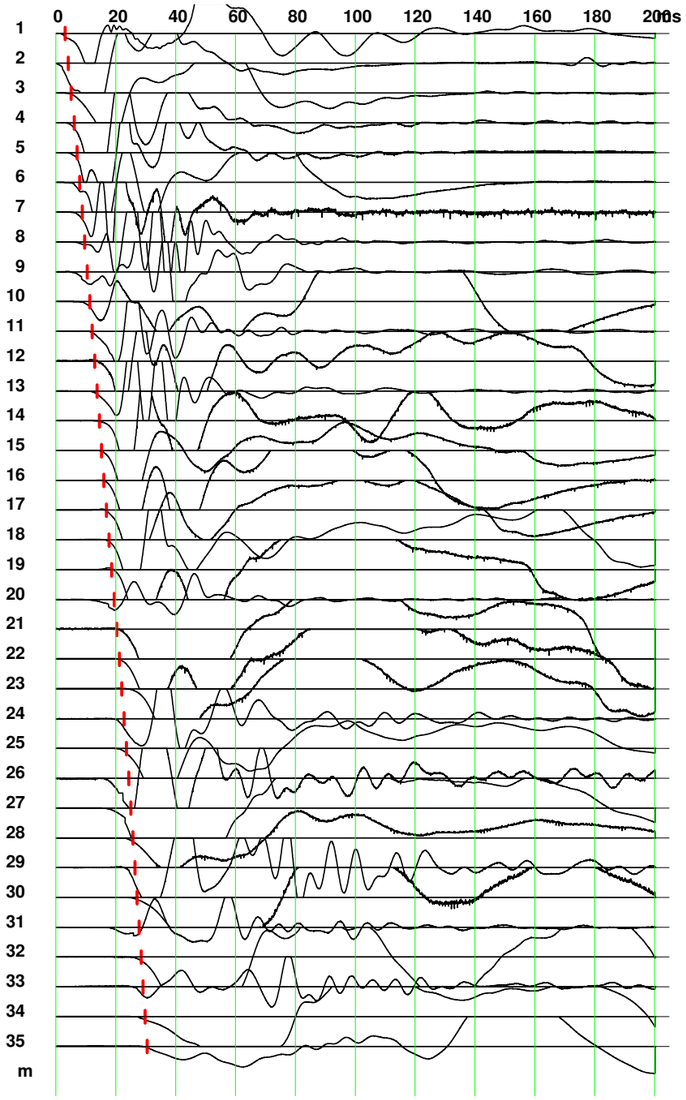
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA S.C.P.T. (STANDARD A.G.I.)

Profondità	RP	RL
0	2	
	5	
	2	
	3	
-1,5	8	
	9	
	19	
	18	
	23	
-3	20	
	25	
	22	
	27	
	29	
-4,5	25	
	20	
	20	
	18	
	18	
-6	31	
	30	
	25	
	28	
	7	
-7,5	9	

Profondità	RP	RL
	8	
	8	
	19	
	24	
-9	30	
	31	
	28	
	27	
	26	
-10,5	22	
	20	
	21	
	22	
	20	
-12	25	
-13,5		
-15		



Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

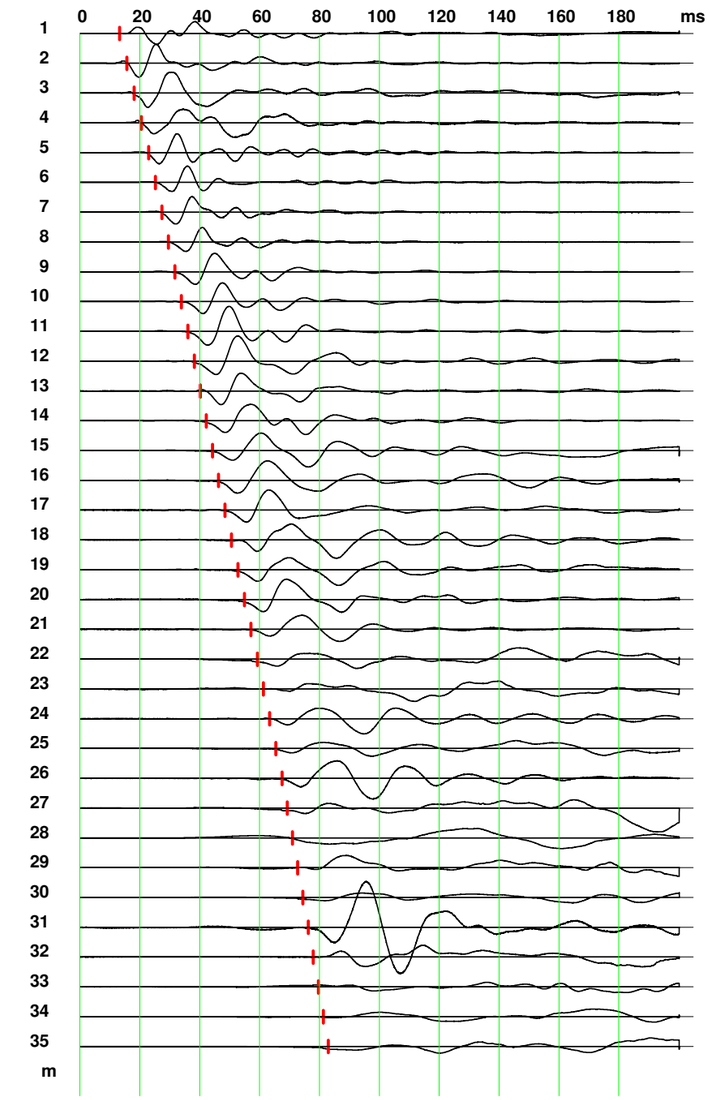
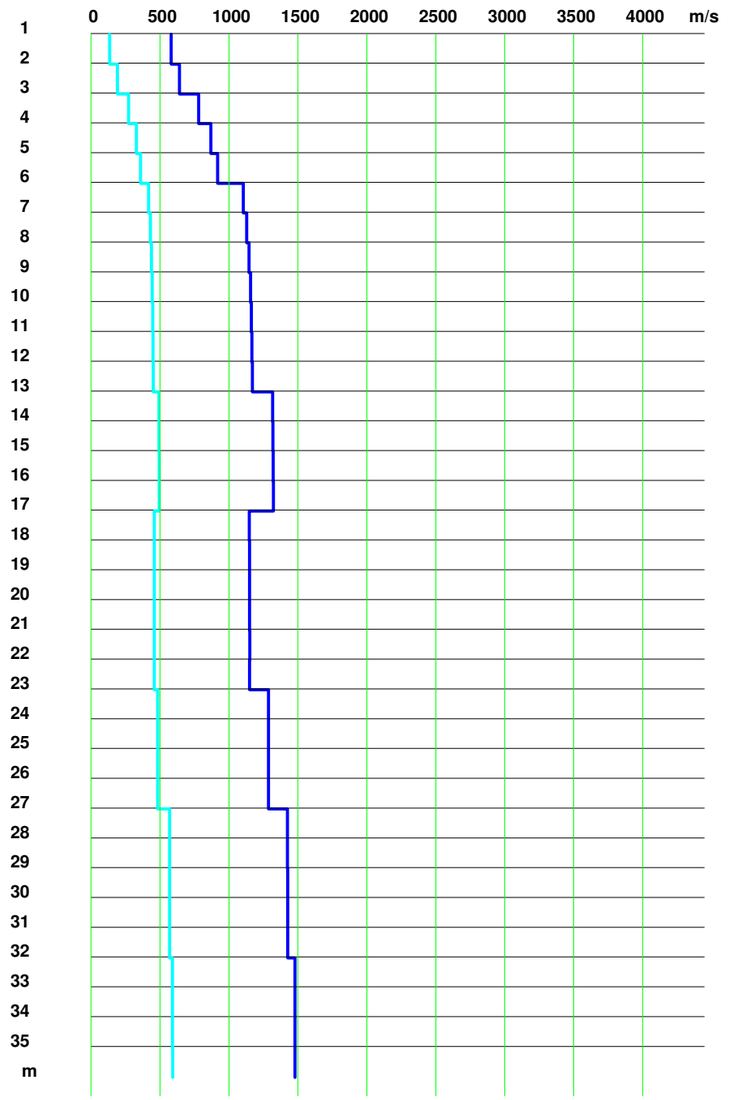


Grafico delle velocità P ed S



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1		3.1	13.3	582	136	4.27	.23	.47	82	28	1.5
2	2.5	4.1	15.7	641	192	3.33	.3	.45	172	59	1.6
3	3.4	5.1	18.1	780	273	2.86	.35	.43	341	119	1.6
4	4.3	6.1	20.6	870	329	2.65	.38	.42	490	173	1.6
5	5.2	7.1	23.	918	360	2.55	.39	.41	585	208	1.6
6	6.2	7.9	25.2	1105	417	2.65	.38	.42	789	278	1.6
7	7.2	8.8	27.4	1130	431	2.62	.38	.42	839	297	1.6
8	8.1	9.6	29.5	1145	439	2.61	.38	.41	870	308	1.6
9	9.1	10.5	31.7	1157	444	2.61	.38	.41	892	315	1.6
10	10.1	11.3	33.9	1162	447	2.6	.38	.41	905	320	1.6
11	11.1	12.2	36.1	1167	450	2.59	.39	.41	915	324	1.6
12	12.1	13.	38.3	1171	452	2.59	.39	.41	951	336	1.65
13	13.1	13.8	40.3	1316	493	2.67	.37	.42	1136	400	1.65
14	14.1	14.5	42.3	1319	494	2.67	.37	.42	1142	402	1.65
15	15.1	15.3	44.3	1321	495	2.67	.37	.42	1146	404	1.65
16	16.1	16.	46.3	1323	496	2.67	.37	.42	1150	405	1.65
17	17.1	16.9	48.4	1147	458	2.5	.4	.41	1004	357	1.7
18	18.1	17.7	50.6	1149	459	2.5	.4	.41	1007	358	1.7
19	19.1	18.6	52.8	1149	459	2.5	.4	.4	1007	358	1.7
20	20.1	19.5	54.9	1149	459	2.5	.4	.4	1008	359	1.7
21	21.1	20.3	57.1	1151	460	2.5	.4	.41	1010	359	1.7
22	22.1	21.2	59.3	1150	460	2.5	.4	.4	1010	359	1.7
23	23.	22.	61.3	1286	483	2.66	.38	.42	1125	397	1.7
24	24.	22.8	63.4	1287	483	2.66	.38	.42	1127	397	1.7
25	25.	23.5	65.4	1287	483	2.66	.38	.42	1126	397	1.7
26	26.	24.3	67.5	1287	484	2.66	.38	.42	1128	398	1.7
27	27.	25.	69.3	1425	570	2.5	.4	.4	1596	568	1.75
28	28.	25.7	71.	1425	570	2.5	.4	.4	1596	568	1.75
29	29.	26.4	72.8	1425	570	2.5	.4	.4	1597	568	1.75
30	30.	27.1	74.5	1426	570	2.5	.4	.4	1598	569	1.75
31	31.	27.8	76.3	1426	570	2.5	.4	.4	1598	569	1.75
32	32.	28.5	77.9	1479	591	2.5	.4	.4	1718	612	1.75
33	33.	29.2	79.6	1479	592	2.5	.4	.4	1721	612	1.75
34	34.	29.8	81.3	1479	591	2.5	.4	.4	1719	612	1.75
35	35.	30.5	83.	1479	592	2.5	.4	.4	1722	613	1.75

LEGENDA

Tempo di primo arrivo ai geofoni delle onde P ed S

Velocità delle onde P

Velocità delle onde S

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico DINAMICO (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

VsEq. da - 2 m = 435 m/s

INDAGINE GEOFISICA

Comune di VIGNATE (MI)

STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

Prova sismica Down-Hole - DH

SISMOGRAMMI P ed S E VELOCITA' SISMICHE

All.2/a	Aprile 2024	

Grafico dei parametri E e G

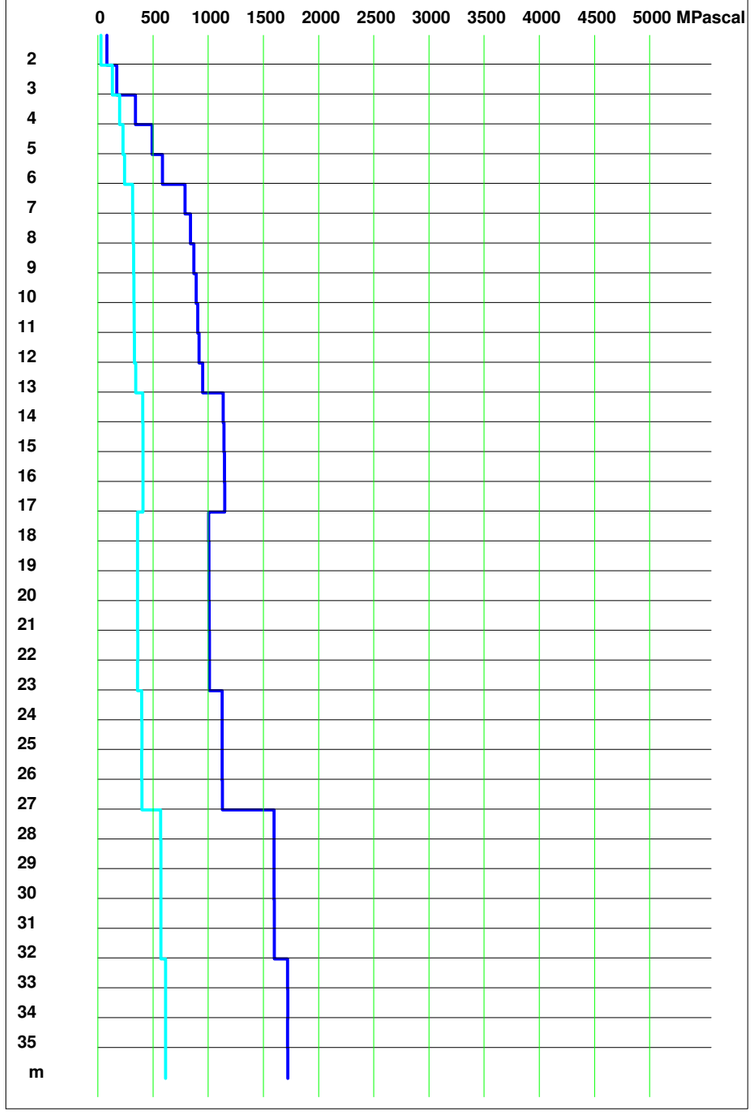


Grafico del coefficiente di Poisson

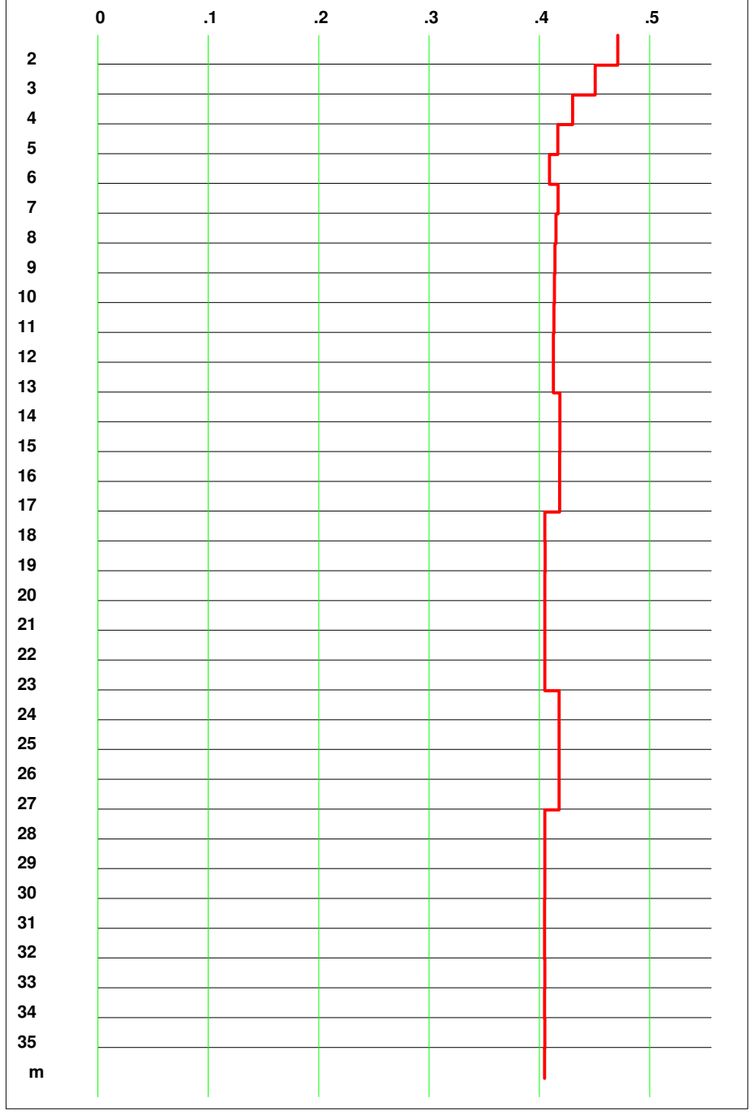
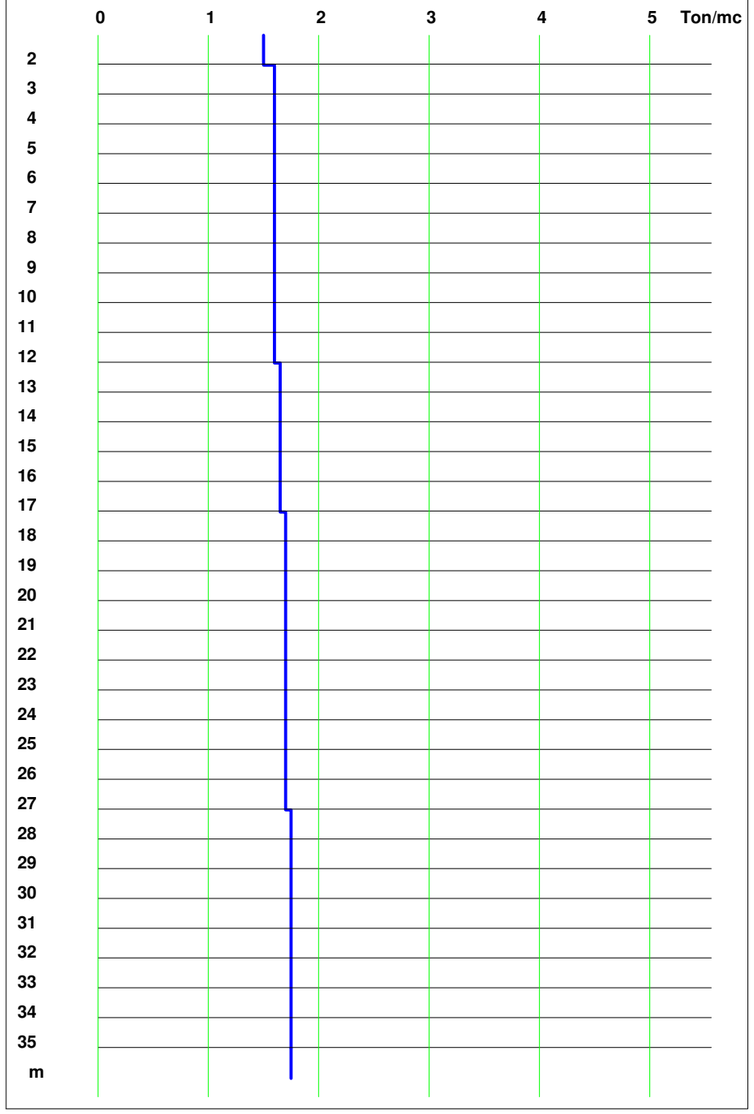


Grafico del peso di volume utilizzato



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1	1.8	3.1	13.3	582	136	4.27	.23	.47	82	28	1.5
2	2.5	4.1	15.7	641	192	3.33	.3	.45	172	59	1.6
3	3.4	5.1	18.1	780	273	2.86	.35	.43	341	119	1.6
4	4.3	6.1	20.6	870	329	2.65	.38	.42	490	173	1.6
5	5.2	7.1	23.	918	360	2.55	.39	.41	585	208	1.6
6	6.2	7.9	25.2	1105	417	2.65	.38	.42	789	278	1.6
7	7.2	8.8	27.4	1130	431	2.62	.38	.42	839	297	1.6
8	8.1	9.6	29.5	1145	439	2.61	.38	.41	870	308	1.6
9	9.1	10.5	31.7	1157	444	2.61	.38	.41	892	315	1.6
10	10.1	11.3	33.9	1162	447	2.6	.38	.41	905	320	1.6
11	11.1	12.2	36.1	1167	450	2.59	.39	.41	915	324	1.6
12	12.1	13.	38.3	1171	452	2.59	.39	.41	951	336	1.65
13	13.1	13.8	40.3	1316	493	2.67	.37	.42	1136	400	1.65
14	14.1	14.5	42.3	1319	494	2.67	.37	.42	1142	402	1.65
15	15.1	15.3	44.3	1321	495	2.67	.37	.42	1146	404	1.65
16	16.1	16.	46.3	1323	496	2.67	.37	.42	1150	405	1.65
17	17.1	16.9	48.4	1147	458	2.5	.4	.41	1004	357	1.7
18	18.1	17.7	50.6	1149	459	2.5	.4	.41	1007	358	1.7
19	19.1	18.6	52.8	1149	459	2.5	.4	.4	1007	358	1.7
20	20.1	19.5	54.9	1149	459	2.5	.4	.4	1008	359	1.7
21	21.1	20.3	57.1	1151	460	2.5	.4	.41	1010	359	1.7
22	22.1	21.2	59.3	1150	460	2.5	.4	.4	1010	359	1.7
23	23.	22.	61.3	1286	483	2.66	.38	.42	1125	397	1.7
24	24.	22.8	63.4	1287	483	2.66	.38	.42	1127	397	1.7
25	25.	23.5	65.4	1287	483	2.66	.38	.42	1126	397	1.7
26	26.	24.3	67.5	1287	484	2.66	.38	.42	1128	398	1.7
27	27.	25.	69.3	1425	570	2.5	.4	.4	1596	568	1.75
28	28.	25.7	71.	1425	570	2.5	.4	.4	1596	568	1.75
29	29.	26.4	72.8	1425	570	2.5	.4	.4	1597	568	1.75
30	30.	27.1	74.5	1426	570	2.5	.4	.4	1598	569	1.75
31	31.	27.8	76.3	1426	570	2.5	.4	.4	1598	569	1.75
32	32.	28.5	77.9	1479	591	2.5	.4	.4	1716	612	1.75
33	33.	29.2	79.6	1479	592	2.5	.4	.4	1721	612	1.75
34	34.	29.8	81.3	1479	591	2.5	.4	.4	1719	612	1.75
35	35.	30.5	83.	1479	592	2.5	.4	.4	1722	613	1.75

LEGENDA

Coefficiente di Poisson

Modulo Elastico E

Modulo di Taglio

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico DINAMICO (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

INDAGINE GEOFISICA

Comune di VIGNATE (MI)

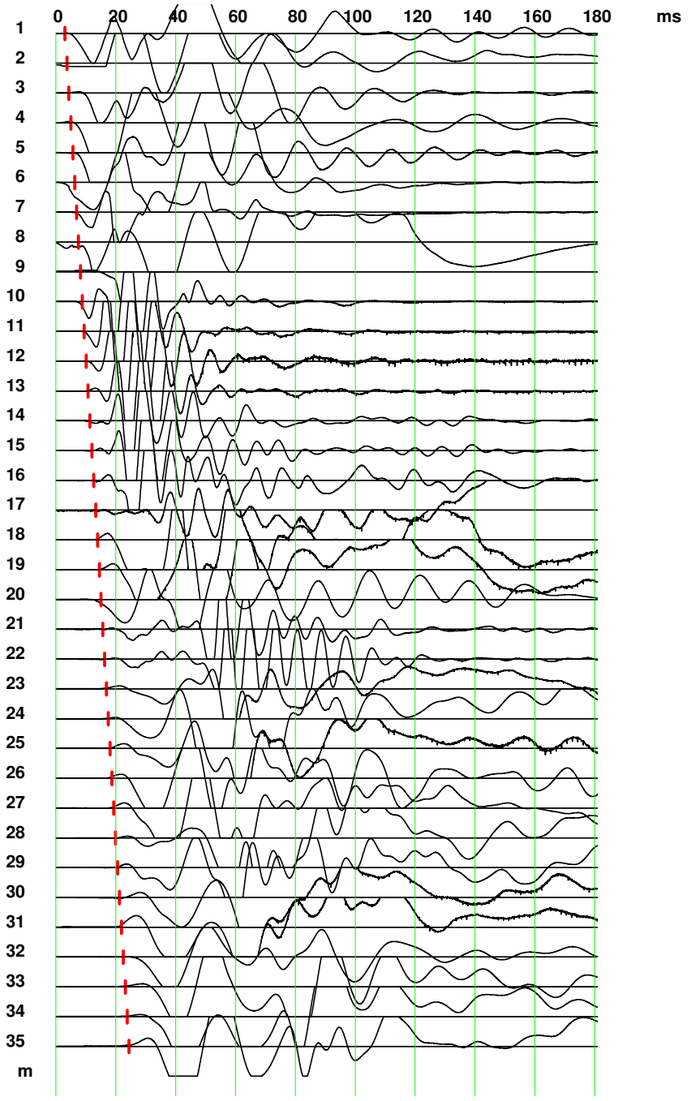
STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

Prova sismica Down-Hole - DH

PARAMETRI ELASTICI E PESO DI VOLUME

All.2/b	Aprile 2024	

Sismogramma onde compressive (P)



Sismogramma onde trasversali (S)

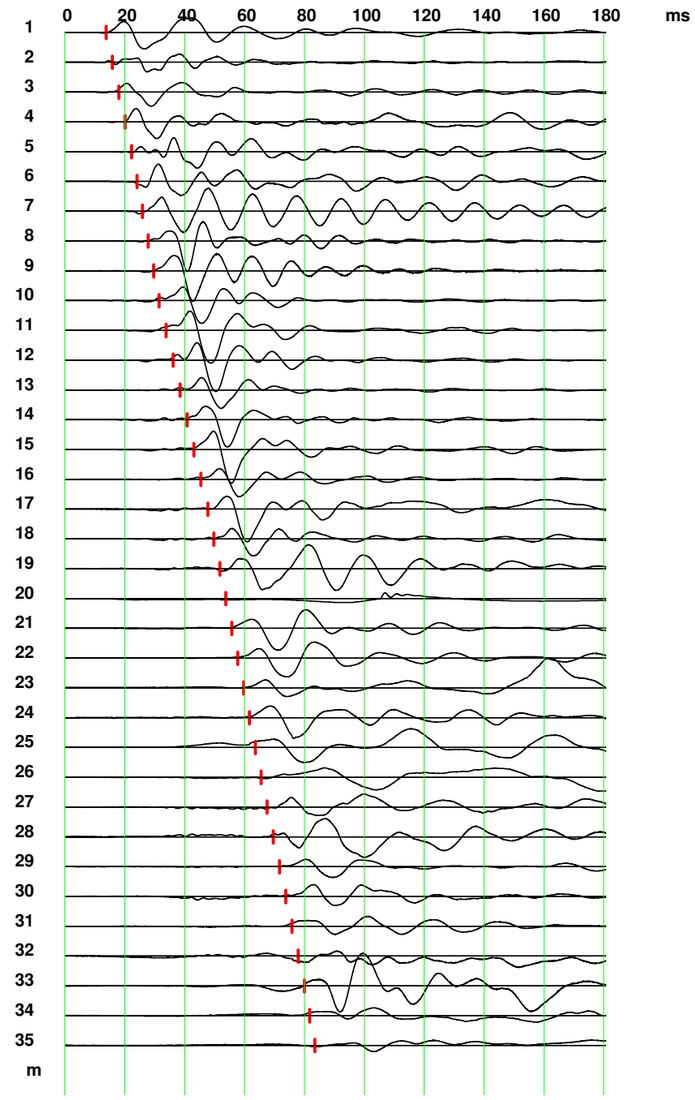
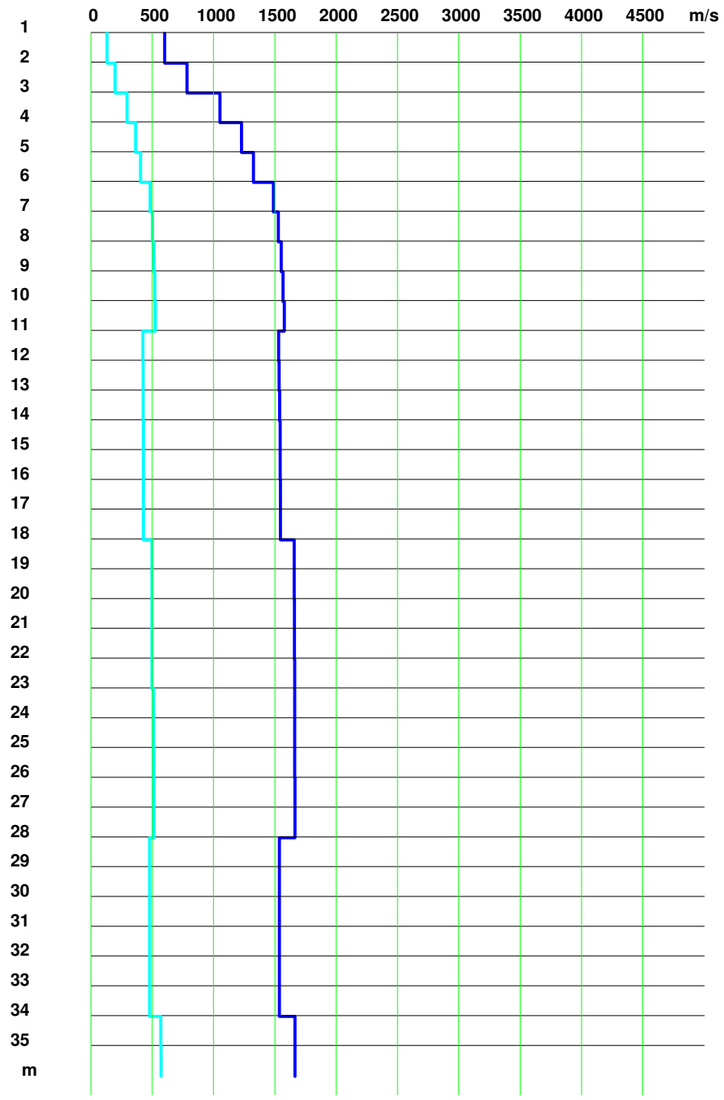


Grafico delle velocità P ed S



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1		3.	13.8	601	131	4.58	.22	.48	76	26	1.5
2	2.5	3.7	15.9	784	197	3.98	.25	.47	188	64	1.65
3	3.4	4.4	18.	1052	294	3.58	.28	.46	416	143	1.65
4	4.3	5.	20.1	1228	364	3.37	.3	.45	636	219	1.65
5	5.2	5.7	22.3	1325	405	3.27	.31	.45	785	271	1.65
6	6.2	6.3	24.1	1489	483	3.08	.32	.44	1111	386	1.65
7	7.2	6.9	26.	1528	502	3.05	.33	.44	1195	415	1.65
8	8.1	7.6	27.8	1551	513	3.03	.33	.44	1249	434	1.65
9	9.1	8.2	29.7	1567	520	3.01	.33	.44	1284	446	1.65
10	10.1	8.8	31.5	1577	525	3.	.33	.44	1307	455	1.65
11	11.1	9.4	33.8	1530	424	3.61	.28	.46	865	296	1.65
12	12.1	10.1	36.1	1534	425	3.61	.28	.46	843	289	1.6
13	13.1	10.7	38.5	1538	426	3.61	.28	.46	848	291	1.6
14	14.1	11.4	40.8	1543	427	3.62	.28	.46	850	291	1.6
15	15.1	12.	43.1	1543	428	3.61	.28	.46	853	292	1.6
16	16.1	12.7	45.4	1545	428	3.61	.28	.46	854	293	1.6
17	17.1	13.3	47.8	1546	428	3.61	.28	.46	856	294	1.6
18	18.1	13.9	49.8	1657	497	3.34	.3	.45	1146	395	1.6
19	19.1	14.5	51.8	1658	497	3.34	.3	.45	1219	420	1.7
20	20.1	15.1	53.8	1659	498	3.34	.3	.45	1221	421	1.7
21	21.1	15.7	55.8	1660	498	3.33	.3	.45	1222	421	1.7
22	22.1	16.3	57.8	1661	498	3.33	.3	.45	1223	422	1.7
23	23.	16.9	59.7	1661	511	3.25	.31	.45	1285	444	1.7
24	24.	17.5	61.7	1662	511	3.25	.31	.45	1286	444	1.7
25	25.	18.1	63.6	1662	511	3.25	.31	.45	1287	444	1.7
26	26.	18.7	65.6	1663	511	3.25	.31	.45	1287	445	1.7
27	27.	19.3	67.5	1663	512	3.25	.31	.45	1250	432	1.65
28	28.	20.	69.6	1536	479	3.21	.31	.45	1095	379	1.65
29	29.	20.6	71.7	1536	479	3.21	.31	.45	1095	378	1.65
30	30.	21.3	73.8	1536	479	3.21	.31	.45	1096	379	1.65
31	31.	21.9	75.8	1536	479	3.21	.31	.45	1096	379	1.65
32	32.	22.6	77.9	1536	479	3.21	.31	.45	1129	390	1.7
33	33.	23.2	80.	1537	479	3.21	.31	.45	1130	391	1.7
34	34.	23.8	81.8	1664	570	2.92	.34	.43	1586	553	1.7
35	35.	24.4	83.5	1665	570	2.92	.34	.43	1586	553	1.7

LEGENDA

Tempo di primo arrivo ai geofoni delle onde P ed S

Velocità delle onde P

Velocità delle onde S

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico DINAMICO (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

Vs Eq. = 407 m/s

INDAGINE GEOFISICA

Comune di VIGNATE (MI)

STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

Prova sismica Down-Hole - S6

SISMOGRAMMI P ed S E VELOCITA' SISMICHE

All.2/a	Maggio 2024	

Grafico dei parametri E e G

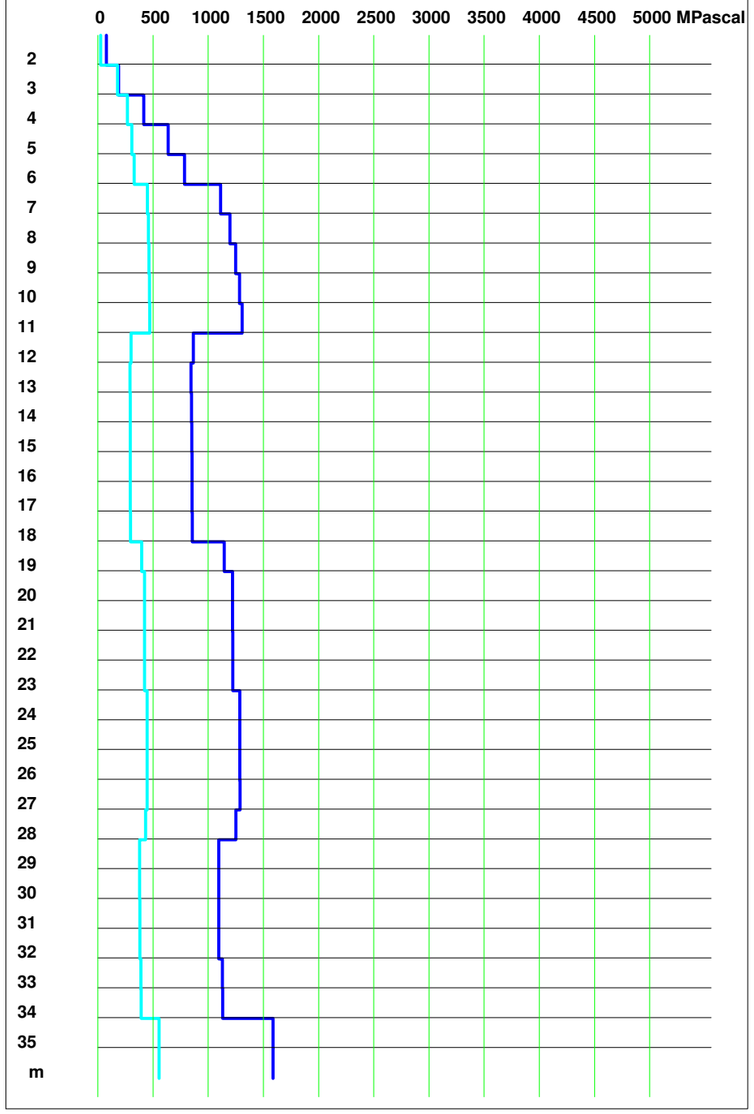


Grafico del coefficiente di Poisson

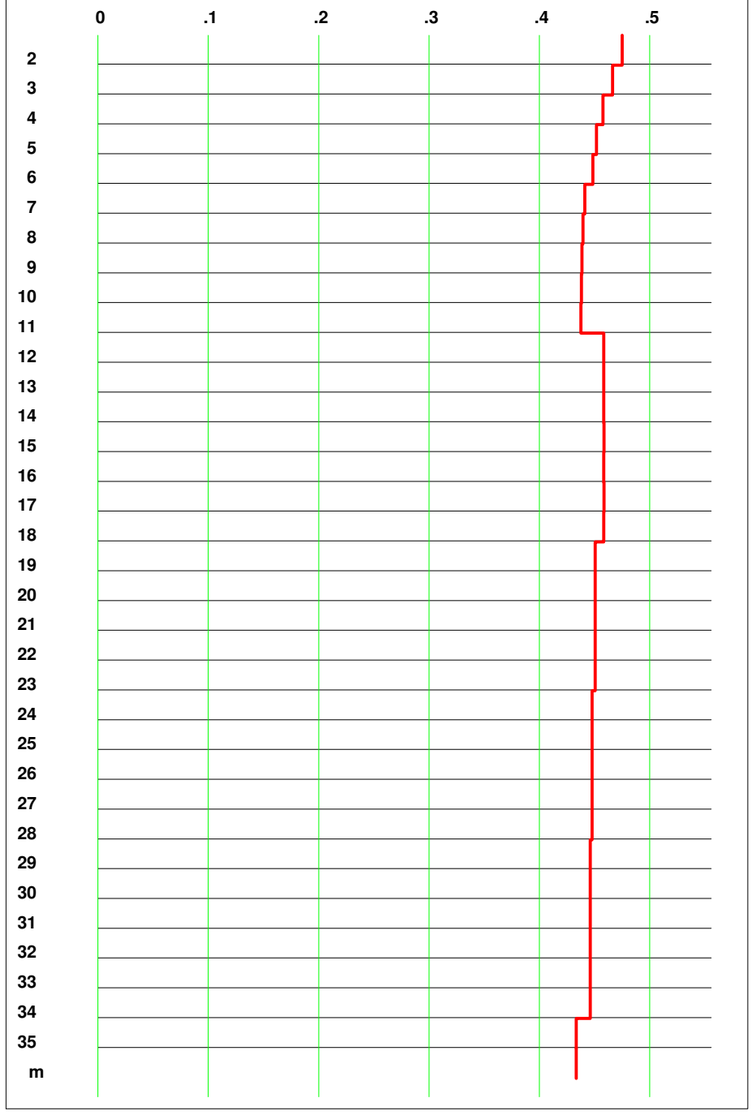
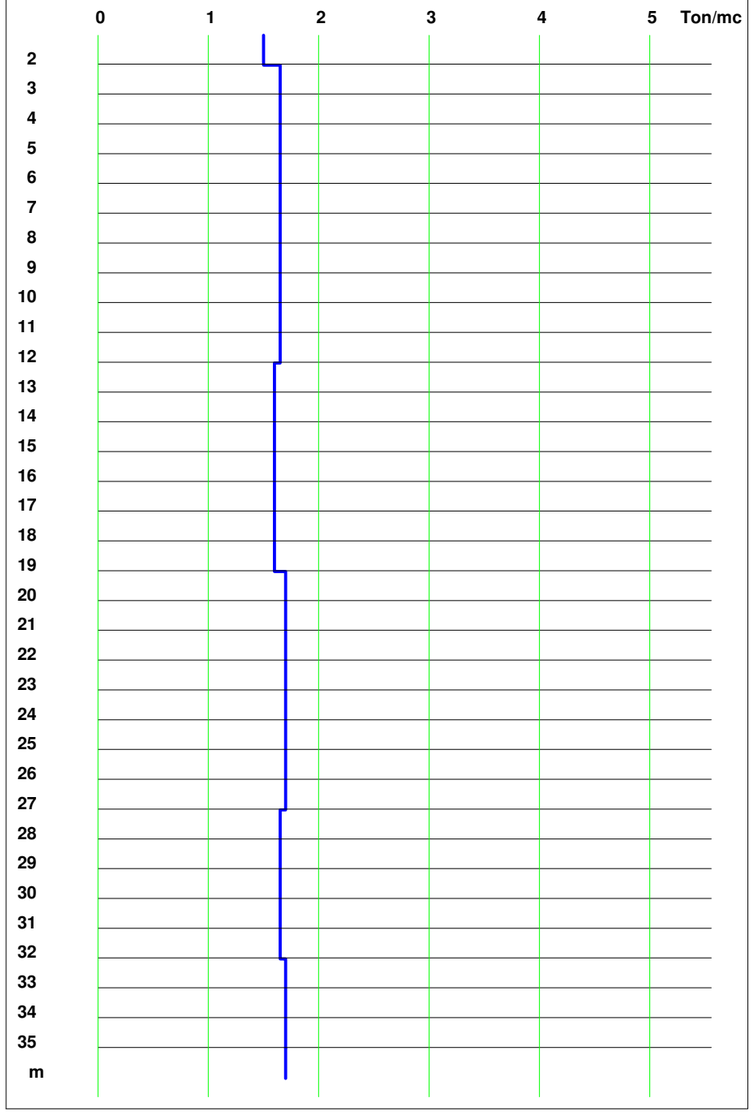


Grafico del peso di volume utilizzato



Prof.	Distanza	Tp	Ts	DVp	DVs	DVp/DVs	DVs/DVp	v	E	G	r
1	1.8	3.	13.8	601	131	4.58	.22	.48	76	26	1.5
2	2.5	3.7	15.9	784	197	3.98	.25	.47	188	64	1.65
3	3.4	4.4	18.	1052	294	3.58	.28	.46	416	143	1.65
4	4.3	5.	20.1	1226	364	3.37	.3	.45	636	219	1.65
5	5.2	5.7	22.3	1325	405	3.27	.31	.45	785	271	1.65
6	6.2	6.3	24.1	1489	483	3.08	.32	.44	1111	386	1.65
7	7.2	6.9	26.	1528	502	3.05	.33	.44	1195	415	1.65
8	8.1	7.6	27.8	1551	513	3.03	.33	.44	1249	434	1.65
9	9.1	8.2	29.7	1567	520	3.01	.33	.44	1284	446	1.65
10	10.1	8.8	31.5	1577	525	3.	.33	.44	1307	455	1.65
11	11.1	9.4	33.8	1530	424	3.61	.28	.46	865	296	1.65
12	12.1	10.1	36.1	1534	425	3.61	.28	.46	843	289	1.6
13	13.1	10.7	38.5	1538	426	3.61	.28	.46	848	291	1.6
14	14.1	11.4	40.8	1543	427	3.62	.28	.46	850	291	1.6
15	15.1	12.	43.1	1543	428	3.61	.28	.46	853	292	1.6
16	16.1	12.7	45.4	1545	428	3.61	.28	.46	854	293	1.6
17	17.1	13.3	47.8	1546	428	3.61	.28	.46	856	294	1.6
18	18.1	13.9	49.8	1657	497	3.34	.3	.45	1146	395	1.6
19	19.1	14.5	51.8	1658	497	3.34	.3	.45	1219	420	1.7
20	20.1	15.1	53.8	1659	498	3.34	.3	.45	1221	421	1.7
21	21.1	15.7	55.8	1660	498	3.33	.3	.45	1222	421	1.7
22	22.1	16.3	57.8	1661	498	3.33	.3	.45	1223	422	1.7
23	23.	16.9	59.7	1661	511	3.25	.31	.45	1285	444	1.7
24	24.	17.5	61.7	1662	511	3.25	.31	.45	1286	444	1.7
25	25.	18.1	63.6	1662	511	3.25	.31	.45	1287	444	1.7
26	26.	18.7	65.6	1663	511	3.25	.31	.45	1287	445	1.7
27	27.	19.3	67.5	1663	512	3.25	.31	.45	1250	432	1.65
28	28.	20.	69.6	1536	479	3.21	.31	.45	1095	379	1.65
29	29.	20.6	71.7	1536	479	3.21	.31	.45	1095	378	1.65
30	30.	21.3	73.8	1536	479	3.21	.31	.45	1096	379	1.65
31	31.	21.9	75.8	1536	479	3.21	.31	.45	1096	379	1.65
32	32.	22.6	77.9	1536	479	3.21	.31	.45	1129	390	1.7
33	33.	23.2	80.	1537	479	3.21	.31	.45	1130	391	1.7
34	34.	23.8	81.8	1664	570	2.92	.34	.43	1586	553	1.7
35	35.	24.4	83.5	1665	570	2.92	.34	.43	1586	553	1.7

LEGENDA

Coefficiente di Poisson

Modulo Elastico E

Modulo di Taglio

Prof. = Profondità del geofono da testa foro in metri
Dist. = Distanza del geofono dall'energizzazione in metri
Tp = Tempo di primo arrivo delle onde longitudinali P in millisecondi
Ts = Tempo di primo arrivo delle onde trasversali S in millisecondi
DVp = Velocità di pseudointervallo delle onde longitudinali in metri al secondo
DVs = Velocità di pseudointervallo delle onde trasversali in metri al secondo
v = Coefficiente di Poisson
E = Modulo elastico DINAMICO (Young) in MegaPascal
G = Modulo di taglio in MegaPascal
r = Densità in tonnellate al metrocubo

INDAGINE GEOFISICA

Comune di VIGNATE (MI)

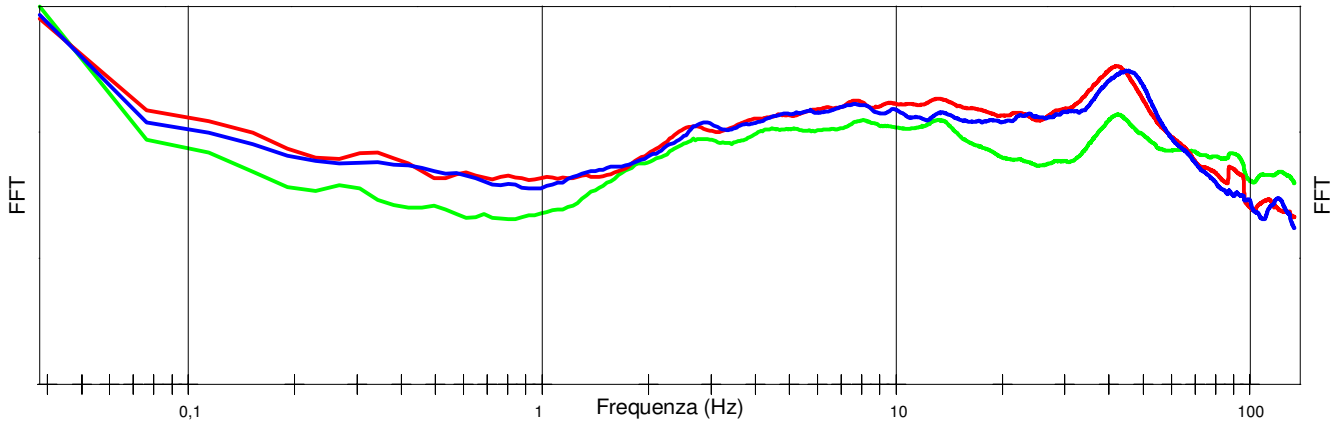
STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

Prova sismica Down-Hole - S6

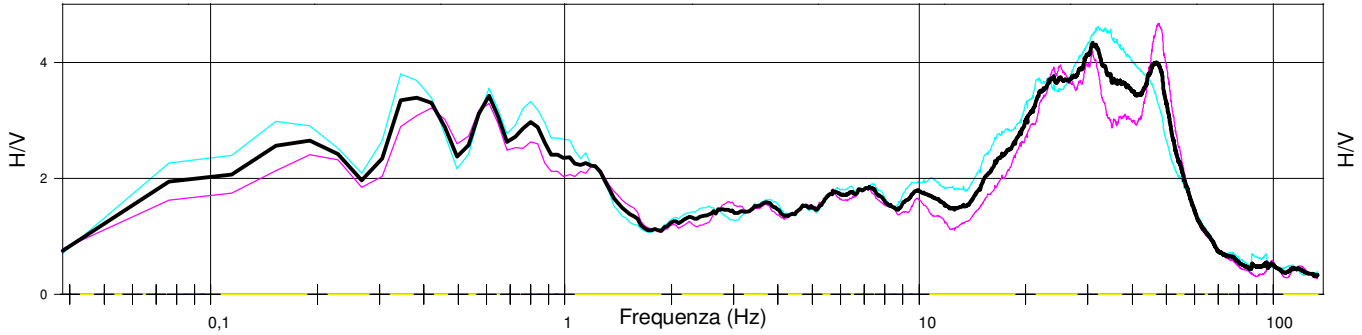
PARAMETRI ELASTICI E PESO DI VOLUME

All.2/b	Maggio 2024	

COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



LEGENDA

Spettro asse Z (verticale)

Spettro asse X

Spettro asse Y

H/V direzione X

H/V direzione Y

H/V media

Durata della registrazione 15' 43.7"

Campionamento 10 Khz

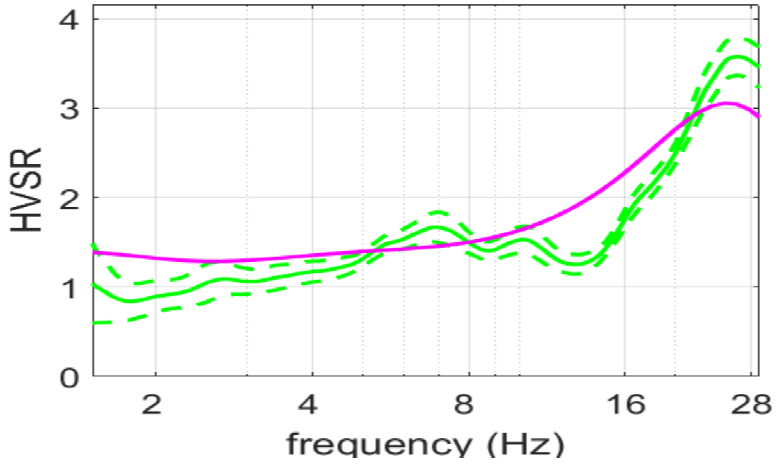
Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 26.3 Hz

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	99	.005	99	16
.5	2.5	267	.0075	200	126
2.5	4.8	348	.0066	251	223
4.8	6.8	419	.0048	285	337
6.8	12.9	430	.0141	338	357
12.9	20.9	450	.0178	374	395
20.9	31.6	480	.0223	404	456
31.6	35	500	.1186	462	500

Vs.Eq. da - 2 m = 427 m/s



PROVA H/V

Comune di VIGNATE (MI)

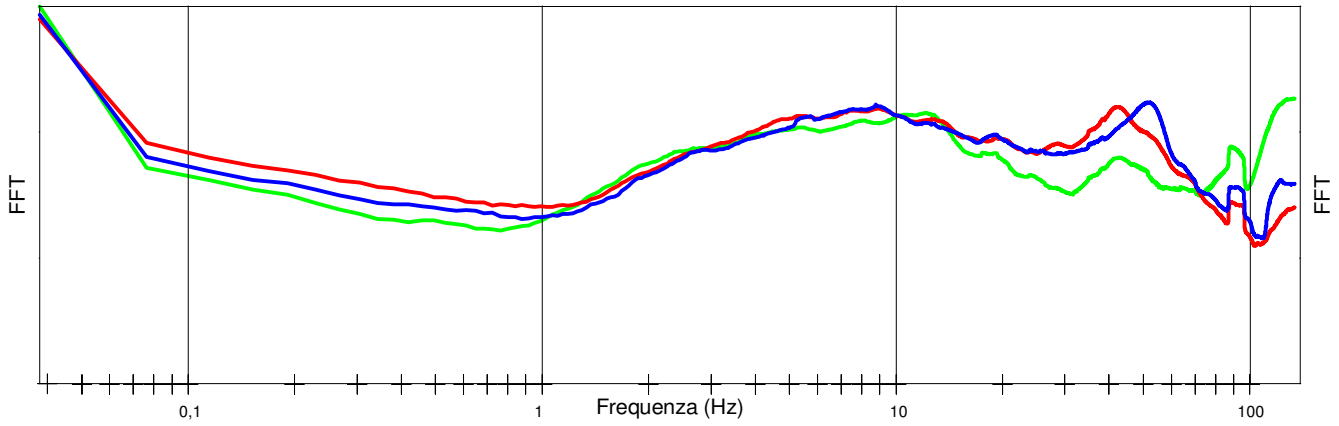
STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

Metodo Nakamura

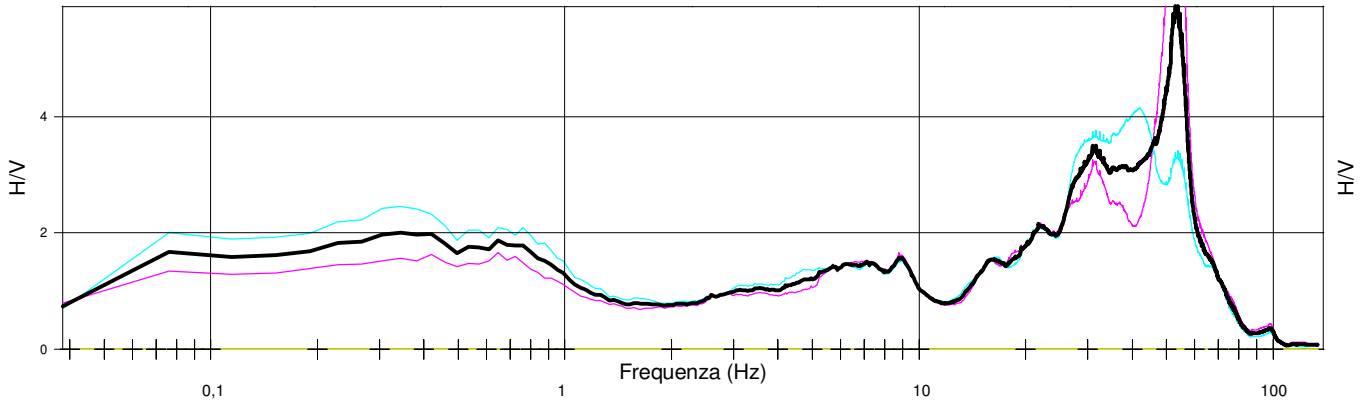
SPETTRI DI FREQUENZA PROVA H1286

All. 2/a	Aprile 2024	

COMPONENTI XYZ DELLO SPETTRO DI FREQUENZA



RAPPORTO DELLE COMPONENTI SPETTRALI ORIZZONTALI SULLA VERTICALE



LEGENDA

Spettro asse Z (verticale)

Spettro asse X

Spettro asse Y

H/V direzione X

H/V direzione Y

H/V media

Durata della registrazione 24' 1.8"

Campionamento 10 Khz

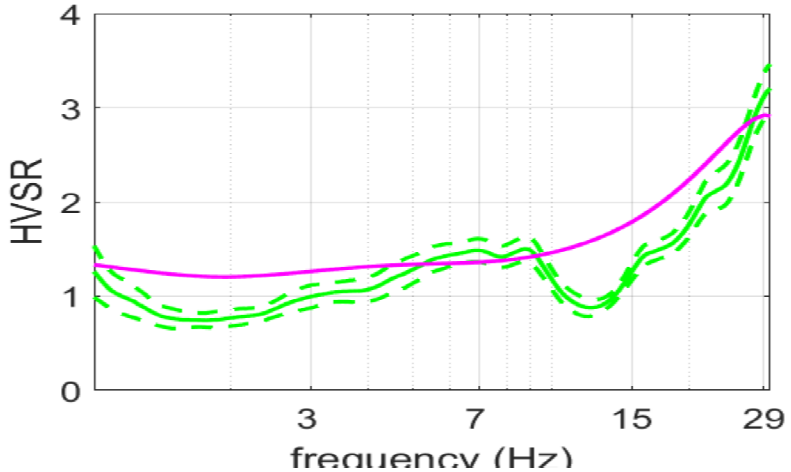
Finestra di campionamento 26,2 s

Picco alla frequenza: 29.4 Hz

TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	106	.0047	106	18
.5	2.6	269	.0076	207	128
2.6	5.3	374	.0072	268	261
5.3	6.8	418	.0038	293	335
6.8	14.8	435	.0184	355	366
14.8	23.8	448	.02	385	390
23.8	34.4	480	.0222	410	456
34.4	36	516	.1671	481	537

VsEq. da - 2 m = 428 m/s



PROVA H/V

Comune di VIGNATE (MI)

STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

Metodo Nakamura

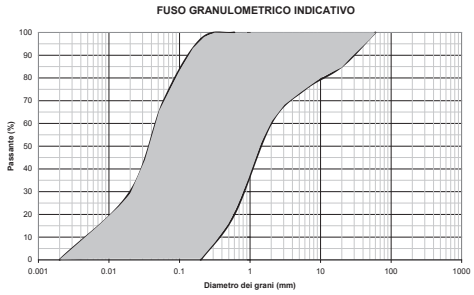
SPETTRI DI FREQUENZA PROVA H1287

All. 2/b	Aprile 2024	

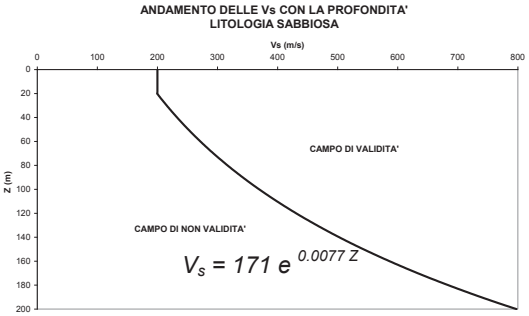
EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da sabbia con ghiaia e ciottoli a limo e sabbia passando per sabbie ghiaiose, sabbie limose, sabbie con limo e ghiaia, sabbie limose debolmente ghiaiose, sabbie ghiaiose debolmente limose e sabbie



NOTE:
Comportamento granulare
Struttura granulo-sostenuta
Clasti con D_{max} > 20 cm inferiori al 15%
Frazione ghiaiosa inferiore al 25%
Frazione limosa fino ad un massimo del 70%



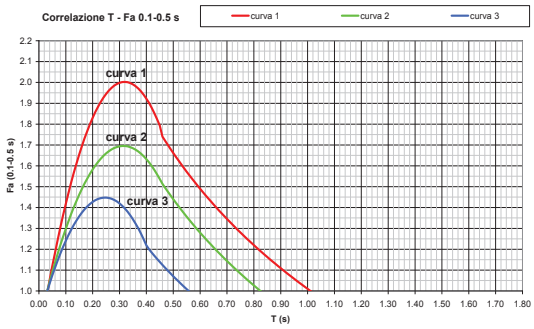
Profondità primo strato (m)

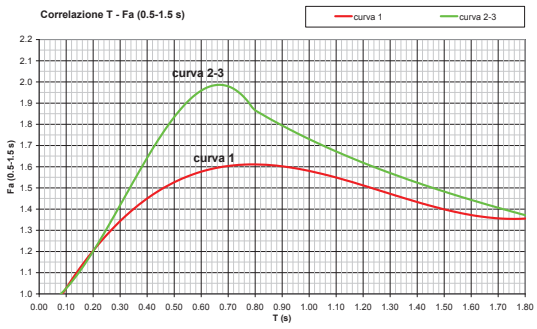
Velocità primo strato (m/s)	1-3	4	5-12	13	14	15	16	17	18	20	25	30	40	50	60	70	90	110	130	140	160	180
200		2	1-2	2	3	3	3	3	3	3												
250		2	1-2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA								
300		2	1-2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	NA	NA	NA	NA	NA						
350		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	NA	NA	NA						
400		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA					
450		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA				
500		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA		
600		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA		
700		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	

Vs < 300 m/s — 0
Vs > 500 m/s — 5 - 12 m

ove
la sigla NA indica *Fa* = 1

il riquadro rosso indica la condizione stratigrafica per cui è necessario utilizzare le curve 1
CONDIZIONE: strato con spessore compreso tra 5 e 12 m e velocità media Vs minore o uguale a 300 m/s poggiante su strato con velocità maggiore di 500 m/s





Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico	Tratto rettilineo
1	0.03 ≤ T ≤ 0.50	0.50 < T ≤ 1.00	T > 1.00
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.21\ T^2 + 7.79\ T + 0.76$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.01 - 0.94\ \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
2	0.03 ≤ T ≤ 0.45	0.45 < T ≤ 0.80	T > 0.80
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.65\ T^2 + 5.44\ T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.83 - 0.88\ \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$
3	0.03 ≤ T ≤ 0.40	0.50 < T ≤ 0.55	T > 0.55
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.68\ T^2 + 4.77\ T + 0.86$	$Fa_{0.1-0.5} = 0.62 - 0.65\ \ln T$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.00$

Curva		
1	0.08 ≤ T ≤ 1.80	
	$Fa_{0.5-1.5} = 0.57\ T^3 - 2.18\ T^2 + 2.38\ T + 0.81$	
2 3	0.08 ≤ T < 0.80	0.80 ≤ T ≤ 1.80
	$Fa_{0.5-1.5} = -6.11\ T^3 + 5.79\ T^2 + 0.44\ T + 0.93$	$Fa_{0.5-1.5} = 1.73 - 0.61\ \ln T$

Regione Lombardia

MODULO 9

DICHIARAZIONE / ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOLOGICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PARAGRAFO 6.2.1 NTC 2018 e/o DALLA D.G.R. 2616/2011

Il sottoscritto EFREM GHEZZI

iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione LOMBARDIA incaricato in data 08/03/2024

da Lombardini 22 S.p.A.

per conto di

di redigere la relazione geologica relativa al seguente intervento

Realizzazione di nuovo sito produttivo composto da edificio principale, locali esterni e viabilità interna ad anello.

da eseguire in Comune di Vignate Località

indirizzo Via Galileo Galilei n° CAP 2 0 0 5 2

Comune Catastale L883 Foglio n. 4 Mappale o Particella 17,19,26,27,324

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. che la relazione geologica in oggetto è stata redatta ai sensi di:

- ○ D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- ◉ D.G.R. 2616/2011 e D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018)
- ○ D.M. 17 gennaio 2018 (paragrafo 6.2.1 NTC 2018), recependo quanto contenuto in una relazione geologica già depositata, redatta ai sensi della D.G.R. 2616/2011 per il rilascio del titolo abilitativo relativo all'intervento in questione

B. che, nello studio geologico comunale (PGT vigente) redatto in attuazione dell'art. 57 comma 1 della L.R. 12/2005, al sito di intervento sono state attribuite le seguenti caratteristiche geologiche:

1. SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE PSL 1 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.1

- ☐ Z1 Instabilità dei versanti
- ☐ Z2a Cedimenti
- ☑ Z2b Liquefazione
- ☐ Z3 Amplificazione topografica
- ☑ Z4 Amplificazione Stratigrafica
- ☐ Z5 Comportamenti differenziali
- ☐ Nessuno scenario

1.1 VERIFICA SISMICA DI SECONDO LIVELLO PSL 2 LIV – DGR 2616/2011 all. 5 p.to 2.2

- ○ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) > Soglia comunale (FAS)*
- ◉ Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) <= Soglia comunale (FAS)*
- ○ Analisi di secondo livello non effettuata

* tenuto conto delle tolleranze ammesse nell'Allegato 5 della D.G.R. 2616/2011

2. CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.1

- ○ 1 senza particolari limitazioni
- ○ 2 con modeste limitazioni
- ◉ 3 con consistenti limitazioni
- ○ 4 con gravi limitazioni

2.1 TIPO DI LIMITAZIONE ALLA FATTIBILITA' GEOLOGICA – DGR 2616/2011 p.to 3.2

- ☐ a) Instabilità dei versanti
- ☑ b) Vulnerabilità idrogeologica
- ☐ c) Vulnerabilità idraulica
- ☐ d) Scadenti caratteristiche geotecniche
- ☐ nessuna particolare limitazione

DICHIARA INOLTRE

in fase di predisposizione dello studio geologico a supporto della progettazione

C. di aver seguito tutte le prescrizioni previste dalle norme geologiche di piano vigenti riportate nel piano delle regole del PGT del Comune di Vignate

D. di aver eseguito ai sensi degli allegati alla DGR 2616/2011, conformemente alle linee guida disponibili:

- ☐ Approfondimento relativo all'instabilità dei versanti dal punto di vista statico (App1)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idrogeologica (App2)
- ☐ Approfondimento relativo alla vulnerabilità idraulica (App3)
- ☐ Approfondimento relativo alle scadenti caratteristiche geotecniche (App4)
- ☑ Approfondimento relativo agli aspetti sismici (App5), la cui tipologia e grado sono dettagliatamente descritte nelle successive schede
- ☐ Nessun particolare approfondimento

E. di aver redatto il modello geologico del sito sulla base di:

☑ indagini appositamente eseguite nel sito d'interesse o nel suo immediato intorno, del tipo

8 sondaggi con SPT; 2 piezometri; 16 prove SCPT; 2 Down-hole; 2 HVSR; prelievo di campioni per analisi geotecniche.

☐ indagini pregresse, la cui estendibilità al sito d'interesse è stata adeguatamente motivata in relazione, del tipo

F. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo stratigrafico attraverso:

○ analisi di risposta sismica locale

◉ procedura semplificata basata sulla definizione della categoria di sottosuolo, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria di sottosuolo:

○ A ◉ B ○ C ○ D ○ E

mediante la seguente tipologia d'indagine Approfondimento sismico tramite 2 prove HVSR e 2 prove Down-hole

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

G. di aver valutato i fenomeni di amplificazione sismica di tipo topografico attraverso:

○ analisi di risposta sismica locale

◉ procedura semplificata basata sulla definizione della categoria topografica, di cui al paragrafo 3.2.2 NTC 2018, la cui applicabilità è stata adeguatamente motivata in relazione; pertanto è stata individuata la seguente categoria topografica:

◉ T1 ○ T2 ○ T3 ○ T4

mediante analisi morfologica condotta su base topografica a scala 1:5000

la cui idoneità al caso specifico è stata adeguatamente motivata in relazione

H. di aver adeguatamente considerato la sicurezza nei confronti del fenomeno della liquefazione, mediante:

◉ esclusione della verifica (paragrafo 7.11.3.4.2 NTC 2018), opportunamente motivata in relazione

○ verifica della stabilità (paragrafo 7.11.3.4.3 NTC 2018) mediante la seguente metodologia

I. che l'intervento previsto risulta fattibile e compatibile con l'assetto geologico del sito:

- (●) senza esecuzione di opere e/o interventi specifici per la mitigazione del rischio
- ( ) previa esecuzione di opere e/o accorgimenti costruttivi da eseguirsi durante i lavori relativi all'intervento in oggetto
- ( ) previa esecuzione di specifiche opere e/o interventi per la mitigazione del rischio da eseguirsi prima dei lavori relativi all'intervento in oggetto; in relazione a questo si specifica che tali lavori:
  - ( ) non sono stati eseguiti o sono stati eseguiti solo parzialmente
  - ( ) sono stati eseguiti nel rispetto delle prescrizioni contenute nello studio specifico e con il quale risultano compatibili

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale e regionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti .

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti del Regolamento UE 2016/679 e del Dlgs 101/2018 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

luogo MILANO data 10/05/2024

IL GEOLOGO

DOTT. GEOL. EFREM GHEZZI

(timbro e firma)

Salva Bozza Conferma

GHEZZI EFREM
DOTTORE
GEOLOGO
19.12.2024 16:44:06
GMT+02:00

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - INSTABILITA'

Nel caso di scenari PSL di tipo Z1a, Z1b e Z1c (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011) per tipologia di frane in terra

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☐ Modello geologico del sito ☐ Classificazione USCS dei materiali ☐ Modello geotecnico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☐ Analisi all'equilibrio limite in condizioni statiche (FS) e pseudo-statiche (FS_{PS})		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☐ $FS_{ps} \geq 1.3$ **Fine approfondimento SITO STABILE**	☐ $1.1 \leq FS_{ps} < 1.3$ Obbligo del 2° grado di approfondimento	☐ $FS_{ps} < 1.1$ Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Stima dello spostamento atteso mediante relazioni empiriche disponibili in letteratura opportunamente scelte e motivate	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ Spostamento ≤ 2 cm **Fine approfondimento SITO STABILE**	☐ Spostamento > 2 cm Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Rilievo topografico di dettaglio ☐ Indagine di sismica rifrazione ☐ Indagini in sito di tipo diretto tramite sondaggio/i a carotaggio continuo ☐ Prove in foro ☐ Prove di laboratorio su campioni indisturbati
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Analisi dinamiche semplificate (metodo degli spostamenti)
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ Spostamento ≤ 5 cm **Fine approfondimento SITO STABILE** ☐ Spostamento > 5 e ≤ 15 cm **Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO** ☐ Spostamento > 15 cm **OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO**

☐ Eventuali verifiche di stabilità con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - AMPLIFICAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z3, Z4 e relativi sottotipi (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011), qualora l'analisi sismica di II° livello non fosse stata eseguita nel sito d'indagine, sebbene obbligatoria, o fosse stata eseguita ma il fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) risulti maggiore del valore di soglia comunale (FAS), *previo specifica tolleranza ammessa dalla normativa regionale (Allegato 5 D.G.R. 2616/2011); tali approfondimenti saranno da prevedere anche nel caso dello scenario PSL di tipo Z5 (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011)

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☐ Modello sismo-stratigrafico del sito		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☐ Analisi di II° livello ai sensi dell'Allegato 5 DGR 2616/2011 applicata al sito oggetto di intervento, previa verifica dei requisiti di applicabilità, ovvero: 1- Assenza di fenomeni 2D legati alla risonanza di bacino 2- Assenza di inversioni di velocità significative 3- Contrasti di impedenza sismica < 3 4- Valori di VSH > 250 m/s		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☐ FAC ≤ FAS* **Fine approfondimento** Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato ☐ FAC > FAS* **Fine approfondimento** Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	☐ FAC > FAS* Nel caso non siano disponibili schede di II° livello valide per la situazione investigata o nel caso si voglia aumentare il grado di accuratezza delle previsioni 2° grado di approfondimento	☐ Non applicabilità dell'analisi di II° livello Obbligo del 3° grado di approfondimento Oppure nel caso ☐ FAC > FAS* e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☑ Indagine sismica di tipo MASW e/o rifrazione onde SH	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☑ Verifica ed integrazione del modello geofisico del sottosuolo e analisi numeriche, utilizzando gli accelerogrammi di input regionali e calcolo di FAC	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☑ FAC ≤ FAS* **Fine approfondimento** Compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo corrispondente al V_{S30} misurato ☐ FAC > FAS* **Fine approfondimento** Non compatibilità energetica del metodo semplificato proposto dalle NTC con i fenomeni attesi al sito: utilizzo della Cat. Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato	Nel caso ☐ FAC > FAS* e nel caso si scelga di NON utilizzare la Categoria di Sottosuolo superiore a quella corrispondente al V_{S30} misurato 3° grado di approfondimento

Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Indagine di sismica superficiale combinata con più tecniche, compreso ARRAY2D con velocimetri ad acquisizione sincrona nei casi di substrato rigido posto a profondità maggiori di 20-30 m
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Analisi di risposta sismica locale con sets accelerometrici di input opportunamente selezionati (almeno due gruppi ciascuno da 7 accelerogrammi per SLV e SLD)
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ Spettri di risposta elastici e/o accelerogrammi calcolati al piano di fondazione **Fine approfondimento**

MODULO 9: Approfondimento 5 relativo agli aspetti sismici (App5) - LIQUEFAZIONE

Nel caso di scenari PSL di tipo Z2b (Tabella 1 p.to 2.1 Allegato 5 D.G.R. 2616/2011) soggetti a fenomeni di liquefazione

	1° grado	2° grado	3° grado
Conoscenze minime obbligatorie al 1° grado di approfondimento	☐ Valore di Magnitudo massima attesa ☑ Valore di a_{max} in superficie ☐ Soggiacenza della falda ☐ Curva granulometrica e valori di resistenza penetrometrica normalizzata negli orizzonti non coesivi saturi presenti entro il volume significativo di sottosuolo		
Verifiche e modellazioni al 1° grado di approfondimento	☑ Valutazione dei requisiti per l'esclusione della verifica di sicurezza alla liquefazione		
Risultati al 1° grado di approfondimento	☑ Assenza dei fattori scatenanti e/o predisponenti **Fine approfondimento SITO STABILE**	☐ Presenza dei fattori scatenanti e predisponenti Obbligo del 2° grado di approfondimento	
Indagini integrative minime obbligatorie al 2° grado di approfondimento		☐ Prove in sito per determinazione indiretta dei parametri di resistenza ciclica CRR ☐ Determinazione sperimentale della frazione di fine FC alle profondità di analisi	
Verifiche e modellazioni al 2° grado di approfondimento		☐ Stima del coefficiente di sicurezza alla liquefazione (FL) tramite applicazione puntuale di metodi storico-empirici ad almeno 3 diverse profondità ritenute significative	
Risultati al 2° grado di approfondimento		☐ FL ≥ 1.0 (per tutti i punti d'analisi) **Fine approfondimento SITO STABILE**	☐ FL < 1.0 (per almeno un punto d'analisi) Obbligo del 3° grado di approfondimento
Indagini integrative minime obbligatorie al 3° grado di approfondimento			☐ Prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTe) o piezocono (CPTu)
Verifiche e modellazioni al 3° grado di approfondimento			☐ Stima dell'andamento del coefficiente di sicurezza alla liquefazione con la profondità tramite applicazione di metodi storico-empirici e calcolo del potenziale di liquefazione I_L valido per una profondità critica almeno pari al volume significativo di sottosuolo
Risultati al 3° grado di approfondimento			☐ $I_L \leq 2.0$ **Fine approfondimento SITO STABILE** ☐ $2.0 < I_L \leq 5.0$ **Verifica DI AMMISSIBILITA' DELLO SPOSTAMENTO** ☐ $I_L > 5.0$ **OPERE DI SISTEMAZIONE E MITIGAZIONE DEL RISCHIO**

☐ Eventuali verifiche di sicurezza con metodi avanzati di analisi dinamica (da non intendere come sostitutivi dei metodi precedenti)

Regione Lombardia

MODULO 10

DICHIARAZIONE/ASSEVERAZIONE DELL'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA DI CONGRUITA' DEI CONTENUTI DELLA RELAZIONE GEOTECNICA AI REQUISITI RICHIESTI DAL PARAGRAFO 6.2.2 NTC 2018

Il sottoscritto EFREM GHEZZI

iscritto ALL'ORDINE DEI GEOLOGI DELLA REGIONE LOMBARDIA AL N. AP 640 incaricato in

data 08/03/2024 da Lombardini 22 S.p.A.

per conto di ..... di redigere la relazione

geotecnica relativa al seguente intervento .....

Realizzazione di costruzioni per nuovo sito produttivo composto da edificio principale, locali esterni e viabilita interna ad anello

eseguito in Comune di Vignate Località .....

indirizzo Via Galileo Galilei n° N.D. CAP 20052

Comune Catastale L883 Foglio n. 4 Mappale o Particella 17,19,26,27,324

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadranno i benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000),

DICHIARA

A. di aver fatto riferimento al modello geologico desunto da specifica relazione a firma del Geologo dott. EFREM GHEZZI - STUDIO IDROGEOTECNICO SRL

B. di aver redatto il modello geotecnico del sito considerando un volume significativo di terreno compatibile con le caratteristiche dell'intervento e la natura e caratteristiche del sottosuolo

C. di aver considerato nei relativi calcoli geotecnici l'effetto delle azioni sismiche attese, tenendo adeguatamente in considerazione:

   1. gli effetti di amplificazione stratigrafica, attraverso:
   - ☐ analisi di risposta sismica locale
   - ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria di sottosuolo (paragrafo 3.2.2 NTC 2018):

○ A ☒ B ○ C ○ D ○ E

2. gli effetti di amplificazione topografica, attraverso:
   ☐ analisi di risposta sismica locale
   ☒ procedura semplificata basata sulla definizione della seguente categoria topografica (paragrafo 3.2.2 NTC 2018):
   ☒ T1 ○ T2 ○ T3 ○ T4

D. di aver adeguatamente tenuto in considerazione i risultati della verifica di sicurezza del terreno di fondazione nei confronti della liquefazione

E. di aver individuato i seguenti parametri geotecnici caratteristici del terreno di fondazione:
   peso dell'unità di volume: 17 (Unità 1, da 0 a -1/-2 m), 19 (Unità 2, da -1/-2 a -7 m)
   angolo di resistenza al taglio: 27 (Unità 1, da 0 a -1/-2 m), 33 (Unità 2, da -1/-2 a -7 m)
   coesione efficace: ……
   coesione non drenata: …….

F. di avere redatto la presente relazione conformemente a quanto previsto dalle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17-01-2018

ASSEVERA

ai sensi dell'art. 481 del Codice Penale la conformità di quanto eseguito ai fini della relazione in oggetto alla normativa nazionale vigente e la piena osservanza della relazione alle norme sismiche vigenti e delle relative istruzioni applicative.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti del Regolamento UE 2016/679 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

Luogo MILANO, data 09/05/2024

L'ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOTECNICA

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
EFREM GHEZZI
geologo specialista
Albo n. 640 AP
sezione A

GHEZZI EFREM
DOTTORE GEOLOGO
19.12.2024 16:44:06
GMT+02:00

Lombardini 22 S.p.A.

Via Lombardini, 22, 20143, Milano (MI)

VIA GALILEO GALILEI – VIGNATE (MI)

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA (R1 + R3)
RELAZIONE GEOTECNICA (R2) - CARATTERIZZAZIONE
AI SENSI DELLE N.T.C. D.M. 17/01/2018
e D.G.R. X/5001/2016

Milano, maggio 2024

STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
www.studioidrogeotecnico.com

STUDIO IDROGEOTECNICO
1964 – 2014
STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Lombardini 22 S.p.A.

Via Lombardini, 22, 20143, Milano (MI)

VIA GALILEO GALILEI – VIGNATE (MI)

RELAZIONE GEOLOGICA e SISMICA (R1 + R3)
RELAZIONE GEOTECNICA (R2) - CARATTERIZZAZIONE
AI SENSI DELLE N.T.C. D.M. 17/01/2018
e D.G.R. X/5001/2016

Sommario

1 PREMESSA 3
2 RIFERIMENTI NORMATIVI 5
3 RELAZIONE GEOLOGICA (R1+R3) 7
3.1 REGIME VINCOLISTICO E FATTIBILITÀ GEOLOGICA 7
3.1.1 Carta dei vincoli 7
3.1.2 Pericolosità sismica locale da PGT 10
3.1.3 Sintesi degli elementi conoscitivi 13
3.1.4 Fattibilità geologica e norme geologiche di piano 14
3.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 16
3.2.1 Lineamenti geomorfologici, idrografici e geologici 16
3.2.2 Classificazione delle unità di sottosuolo 17
3.2.3 Caratteri piezometrici 21
3.2.4 Piezometria sito specifica 22
3.3 ASPETTI SISMICI SITO SPECIFICI 24
3.3.1 Approfondimento sismico di primo livello 24
3.3.1.1 Pericolosità sismica locale 24
3.3.1.2 Parametri sismici 25
3.3.1.3 Verifica della suscettibilità alla liquefazione 27
3.3.2 Metodologia di esecuzione della prova sismica Down-hole 29
3.3.3 Metodologia di esecuzione della prova sismica HVSR 31
3.3.4 Approfondimento sismico di secondo livello per scenario PSL Z4 32
Stima degli effetti litologici e del fattore di amplificazione 33
Individuazione della scheda litologica di valutazione 33
Calcolo del periodo proprio di sito 34
Calcolo del fattore di amplificazione 34
4 RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (R2) 36
4.1 INDAGINI IN SITO 36
4.1.1 Metodologia di esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo 36
4.1.2 Metodologia delle prove penetrometriche dinamiche in foro SPT 37
4.1.3 Metodologia delle prove penetrometriche dinamiche SCPT 37
4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI 38

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

ALLEGATI

All. 1 – Ubicazione dei punti di indagine - scala 1:1500
All. 2 – Descrizione stratigrafica dei sondaggi, prove SPT in foro
All. 3 – Elaborato grafico delle prove SCPT
All. 4 – Elaborati grafici delle prove sismiche Down-hole
All. 5 – Prove HVSR
All. 6 – Scheda litologica per approfondimento sismico di 2° livello
All. 7 – Certificati analitici delle prove geotecniche di laboratorio (in corso di acquisizione)

MODULO 9 D.d.u.o. 28 novembre 2018 n. 17589
MODULO 10 D.d.u.o. 28 novembre 2018 n. 17589

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

1 PREMESSA

Lombardini 22 S.p.A. ha affidato allo Studio Idrogeotecnico S.r.l. di Milano l'incarico per la relazione geologica, sismica e di caratterizzazione geotecnica nell'ambito della realizzazione di un nuovo edificio sito a Vignate.

Il progetto prevede l'insediamento di nuove costruzioni di sito produttivo da destinarsi a Data Center. Il nuovo polo tecnologico prevede la realizzazione di un edificio ad uso Data Center provvisto di un blocco destinato ad uffici e uno destinato alle sale dati, nonché di locali esterni di supporto come guardiania, locale rifiuti, locali pompe antincendio, ecc. L'edificio principale ha un'altezza dal piano di spiccato all'estradosso del piano della copertura nel punto più alto è di 15,50 m.

La viabilità interna al lotto è ad anello attorno all'edificio principale con accesso da via Galileo Galilei. Le dimensioni delle sezioni stradali e delle aree esclusivamente dedicate a parcheggio sono state previste in modo da ridurre al minimo l'impatto di superficie non permeabile ed asfaltata.

Al fine di garantire il collegamento elettrico necessario al funzionamento del Data Center, è prevista una sottostazione elettrica di media tensione dedicata posta sul lato nord-est del sito.

Il presente documento, redatto in ottemperanza a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, è stato finalizzato alla definizione delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche, e sismiche dei terreni di fondazione.

Per la definizione del modello geologico e geotecnico si è fatto riferimento alla campagna di indagini geognostiche eseguite sul sito nel mese di aprile 2024:

- n° 8 sondaggi geognostici (S1÷S8) a carotaggio continuo spinti alla profondità di 35 m da p.c., di cui due attrezzati con piezometro a tubo aperto (S4 ed S5) e due attrezzati per prove Down Hole (S2 ed S6), ogni sondaggio è stato accompagnato dall'esecuzione di prove SPT (Standard Penetration Test) nel corso del carotaggio;
- n° 16 prove SCPT (Standard Cone Penetration Test) realizzate mediante Penetrometro Dinamico Superpesante (DPSH) fino a rifiuto all'avanzamento;
- installazione di due piezometri;
- n° 2 prospezioni sismiche Down-hole;
- n° 2 indagini sismiche HVSR;
- prelievo di campioni rimaneggiati di terreno nei livelli incoerenti.

Le analisi geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati hanno comportato l'esecuzione delle seguenti tipologie di prova (Allegato 7):

- Caratterizzazione fisica (granulometrie, pesi di volume);
- Caratterizzazione di resistenza al taglio (prove di taglio diretto).

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

In coerenza con quanto previsto ai sensi della D.G.R. X/5001 del 30 marzo 2016 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1e 13, comma 1, della L.R. 33/2015") il presente documento si compone di:

- relazione geologica (R3+R1) ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011 e delle NTC 17/01/2018 (punto 6.2.1) finalizzata alla:

    - verifica della fattibilità dell'intervento in riferimento alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano del Governo del Territorio vigente;
    - caratterizzazione e modellazione geologica/idrogeologica e sismica del sito;
    - analisi di risposta simica semplificata di II livello;

- relazione geotecnica (R2) ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011 e delle NTC 17/01/2018 (punto 6.2.2) finalizzata alla caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito;
- moduli 9 e 10 ai sensi del D.d.u.o. 28 novembre 2018 n. 17589 *Aggiornamento della modulistica approvata dalla D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1 della l.r. 33/2015)".*

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Normative

[1] D.M. Infrastrutture e trasporti 30.04.20 – Approvazione delle linee guida per l'individuazione, dal punto di vista strutturale, degli interventi di cui all'articolo 94 -bis, comma 1, del decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, nonché delle varianti di carattere non sostanziale per le quali non occorre il preavviso di cui all'articolo 93.

[2] Circolare 21.01.19 n°7 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.18.

[3] D.M. Infrastrutture e trasporti 17.01.18 – Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni.

[4] Circolare 02.02.09 n°617 Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.08.

[5] D.M. Infrastrutture e trasporti 14.01.08 – Norme tecniche per le costruzioni.

[6] Circolare Regione Lombardia 28.01.20 n° 1 – Profili applicativi in materia di opere o costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche di cui alla l.r. 33/2015 a seguito dell'entrata in vigore della legge 156/2019, della l.r. 21/2019 e della d.g.r. XI/2584/2019

[7] L.r. 10 dicembre 2019 n° 21 – Seconda legge di semplificazione 2019

[8] D.g.r. 2 dicembre 2019 - n. XI/2584 - Linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai Comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1 e 13 comma 1, della l.r. 33/2015) – Implementazione ai fini di semplificazione della modulistica prevista dall'allegato b alla d.g.r. n. x/5001/2016

[9] D.d.u.o. 22.05.19 n° 7237 – Aggiornamento del D.d.u.o. 21.11.13 n° 19904

[10] D.d.u.o. 28.11.2018 n. 17589 - Aggiornamento della modulistica approvata dalla D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica"

[11] D.G.R. 30.03.2016 – n° X/5001 – Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materi sismica.

[12] L.R. 12.10.2015 n° 33 – Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche.

[13] D.G.R. 11.07.2014 – n° X/2129 – Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia.

[14] D.d.u.o. 21.11.13 n° 19904 – Approvazione elenco delle tipologie degli edifici ed opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso in attuazione della D.G.R. n° 19964 del 7.11.03

[15] D.G.R. 30.11.2011 n° IX/2616 – Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio.

Riferimenti bibliografici

- Skempton A.W. (1986). "Standard Penetration Test Procedures and Effects in Situ Sands of Overburden Pressure, Relative Density, Particle Size, Ageing and Overconsolidation" Géotechnique 36, n°2.
- Cestelli Guidi C. (1980). "Geotecnica e Tecnica delle Fondazioni". Settima Edizione, Hoepli. Vol. 2, pp. 144-188.
- Cestari F. (1990). "Prove Geotecniche in Sito". Geo-Graph. Pagg. 207-284.
- R. Lancellotta (1993). "Geotecnica". Zanichelli.

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

3 RELAZIONE GEOLOGICA (R1+R3)

3.1 REGIME VINCOLISTICO E FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Nei paragrafi seguenti vengono esaminate le relazioni dell'area di intervento con gli aspetti relativi ai vincoli idrogeologici, alla pericolosità sismica locale, alla sintesi degli elementi conoscitivi e alla fattibilità geologica desunti dalla componente geologica, idrogeologica e sismica redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011 a supporto del Piano del Governo del Territorio del Comune di Vignate, adottato in data 27/01/2009 e approvato definitivamente dal Consiglio Comunale nella seduta consiliare del 16/07/2009, comprendente il nuovo Documento di Piano, la variante del Piano dei Servizi, comprensivo del Piano per le Attrezzature Religiose e la variante del Piano delle Regole.
Il Piano è divenuto efficace dalla pubblicazione dell'avviso di approvazione definitiva sul BURL Serie Inserzioni e concorsi n. 8 del 25/02/2009.

Il Consiglio Comunale, con Delibera n. 61 del 20/12/2013, ha approvato la Variante al Piano dei Servizi e Piano delle Regole relativa a:

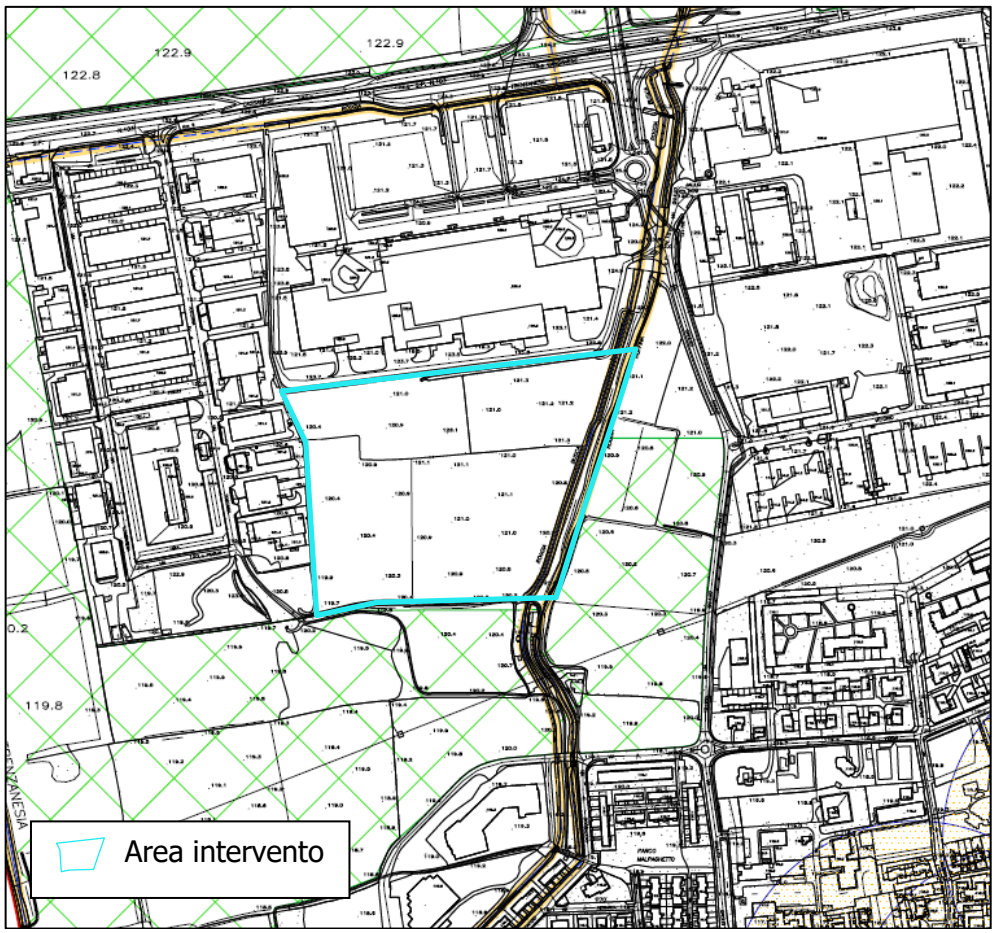
- "APCC1" della città consolidata prevalentemente artigianale/produttiva presentata dalla soc. Martec SPA

La Variante è divenuta efficace dalla pubblicazione dell'avviso di approvazione definitiva sul BURL Serie Avvisi e concorsi n. 42 del 16/10/2013.

3.1.1 Carta dei vincoli

L'area di indagine, confinante con il parco agricolo sud di Milano, come osservabile dall'immagine seguente (Figura 3.1), desunta dalla carta dei vincoli della componente geologica del PGT vigente, non risulta interferente con fasce di tutela o di rispetto pertinenti ad aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.
Il sito è attraversato nella porzione orientale da due rogge: Roggia Busca e Roggia Ruffina, non rientranti nell'All. C alla DGR 1615 del 18 dicembre 2023 – individuazione del reticolo idrico di competenza dei Consorzi di Bonifica - Consorzio di Bonifica Est Ticino-Villoresi

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com



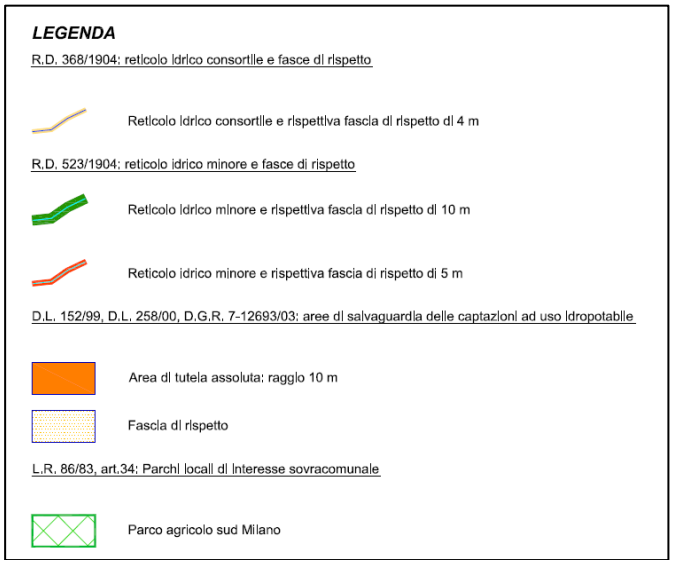

LEGENDA
R.D. 368/1904: reticolo idrico consortile e fasce di rispetto
Reticolo idrico consortile e rispettiva fascia di rispetto di 4 m
R.D. 523/1904: reticolo idrico minore e fasce di rispetto
Reticolo idrico minore e rispettiva fascia di rispetto di 10 m
Reticolo idrico minore e rispettiva fascia di rispetto di 5 m
D.L. 152/99, D.L. 258/00, D.G.R. 7-12693/03: aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile
Area di tutela assoluta: raggio 10 m
Fascia di rispetto
L.R. 86/83, art.34: Parchi locali di interesse sovracomunale
Parco agricolo sud Milano

Figura 3.1- Carta dei vincoli – Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Vignate (Tav. 5)

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato adottato con deliberazione n.4 nella seduta del 17 dicembre 2015 e approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni è lo strumento operativo previsto dal D.Lgs 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Con Decreto del Segretario Generale n. 484 del 30.12.2020 è stata approvata la "Variante di aggiornamento della delimitazione delle Fasce fluviali del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po: torrente Seveso da Lucino alla confluenza nella Martesana in Milano".

Per effetto dell'approvazione di tale Variante, secondo l'art. 5 del medesimo decreto sopraccitato, "con riferimento alle aree incluse nell'ambito territoriale oggetto della delimitazione delle Fasce fluviali trovano integralmente applicazione le disposizioni relative alle fasce fluviali contenute nell'elaborato 7 (norme di attuazione) del PAI vigente le quali sostituiscono, per tali aree, le disposizioni relative alle aree allagabili del PGRA precedentemente stabilite in ottemperanza al Titolo V delle NTA del PAI".

Nella seguente immagine (Figura 3.2), riportante uno stralcio riferito all'area di studio della mappatura "Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - revisione 2022" e dalla variante PAI desunta dal viewer geografico del Geoportale della Regione Lombardia, e nella precedente Figura 3.1, si evidenzia l'**assenza di criticità idraulica**.

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

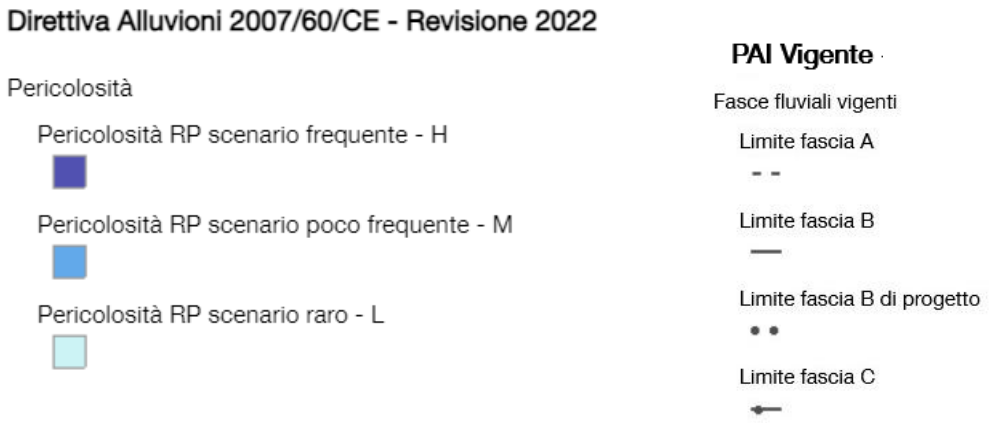

Direttiva Alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2022
Pericolosità
Pericolosità RP scenario frequente - H
Pericolosità RP scenario poco frequente - M
Pericolosità RP scenario raro - L
PAI Vigente
Fasce fluviali vigenti
Limite fascia A
Limite fascia B
Limite fascia B di progetto
Limite fascia C

Figura 3.2- PAI-PGRA - Geoportale Regione Lombardia

3.1.2 Pericolosità sismica locale da PGT

Al marzo 2008, data dell'ultima revisione della relazione geologica e degli elaborati cartografici a supporto del PGT, l'intero territorio comunale apparteneva alla zona sismica 4 secondo l'O.P.C.M. 3274/2003; pertanto solo in caso di costruzioni rilevanti o strategiche era indispensabile effettuare il 2° livello di approfondimento.

La componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Vignate è corredata dall'analisi del rischio sismico locale secondo i criteri di cui all'allegato 5 alla D.G.R. 8/1566 e successive integrazioni, che costituisce l'aggiornamento della componente sismica e illustra l'analisi della sismicità del territorio e la valutazione degli effetti sismici di sito.

Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia, di cui alla recente D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129 "*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia*", il territorio di Vignate risulta riclassificato in **Zona Sismica 3** con valore di accelerazione massima $\mathbf{A_{gmax} = 0.067192}$. Pertanto, ai sensi della l.r. 12 ottobre 2015 n. 33 è necessario depositare allo sportello unico del comune, prima dell'inizio dei lavori, la documentazione di progetto conforme ai contenuti minimi previsti dalla D.G.R. 30 marzo 2016 – n. X/5001.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

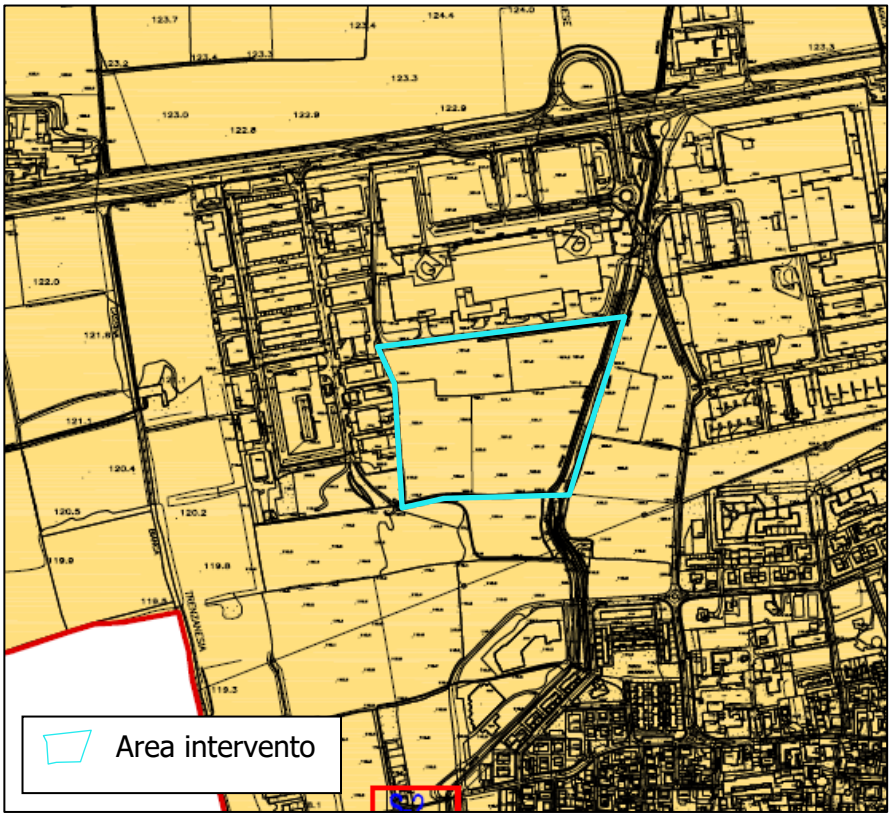
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il 1^ livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Pertanto, poiché il comune di Vignate è classificato in zona sismica 3, per tutti i progetti di edifici si rende necessaria la valutazione degli effetti di amplificazione litologica e delle conseguenti azioni sismiche di progetto a mezzo di approfondimenti sismici di 2° livello in fase di pianificazione, condotti secondo i criteri definiti dall'Allegato 5 della D.G.R. 30 novembre 2011 n° IX/2616.

I livello di approfondimento

La carta della pericolosità sismica locale allegata alla componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Vignate evidenzia che il sito di intervento ricade nello **scenario di pericolosità sismica Z2/Z4**. In particolare, nella relazione geologica del PGT è specificato che "*a causa dell'omogeneità geomorfologica e litologica che lo caratterizza, tutto il territorio comunale di Vignate è stato inserito nella classe di pericolosità sismica locale Z4-Z2. Tale zona individua quelle aree il cui sottosuolo è formato da depositi alluvionali e fluvioglaciali granulari e coesivi a cui è assegnata la classe di pericolosità sismica H2.*" (Figura 3.3).



Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

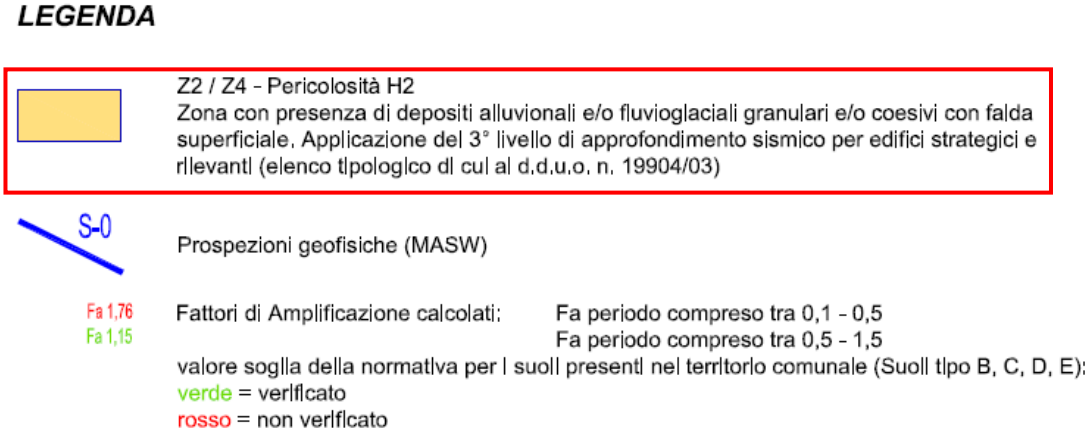

LEGENDA
Z2 / Z4 - Pericolosità H2
Zona con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi con falda superficiale. Applicazione del 3° livello di approfondimento sismico per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)
S-0
Prospezioni geofisiche (MASW)
Fa 1,76
Fa 1,15
Fattori di Amplificazione calcolati:
Fa periodo compreso tra 0,1 - 0,5
Fa periodo compreso tra 0,5 - 1,5
valore soglia della normativa per i suoli presenti nel territorio comunale (Suoli tipo B, C, D, E):
verde = verificato
rosso = non verificato

Figura 3.3- Carta della pericolosità sismica locale - Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Vignate (Tav. 4)

Nell'ambito dello studio della componente sismica del PGT sono state effettuate indagini sismiche (MASW) in corrispondenza di 4 siti del territorio comunale (esterni al sito di indagine), finalizzate all'applicazione della metodologia di analisi proposta dalla DGR IX/2616/2011 nella quale si prescrive di valutare il Fattore di amplificazione attraverso l'utilizzo degli abachi proposti nell'allegato V alla stessa, basati sull'individuazione del profilo delle Vs e della litologia.

II livello di approfondimento

L'approfondimento sismico di II livello eseguito per il territorio di Vignate nell'ambito della componente sismica del PGT ha previsto la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta di pericolosità sismica locale, allo scopo di fornire la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di **Fattore di Amplificazione (Fa).**

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Nella relazione geologica del PGT vengono riportati i seguenti valori di soglia del comune di Vignate:

	Suolo di tipo A	**Suolo di tipo B, C, E**	**Suolo di tipo D**
Periodo compreso tra 0,1 – 0,5 s	0,9	1,1	1,2
Periodo compreso tra 0,5 – 1,5 s	1,1	1,8	2,9

Secondo le indagini svolte nei 4 siti del territorio comunale, i valori limite del fattore di amplificazione FA suggeriti dalla normativa nazionale non sono sufficientemente cautelativi per i progetti che prevedono un periodo di oscillazione compreso tra 0,1-0,5

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

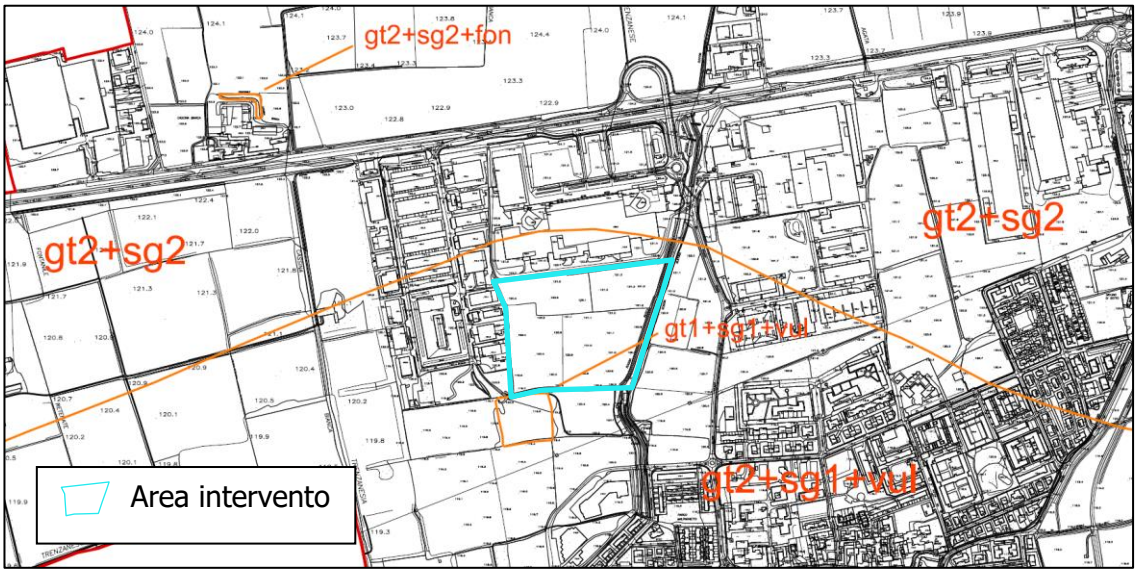
s.

Pertanto, per i progetti di edifici sensibili e/o strategici e/o che prevedano affollamenti significativi (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03), con strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,1 – 0,5 s, dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento sismico, sia che si valutino gli effetti di amplificazione litologica e geometrica sia che si analizzino problemi di liquefazione.

Mentre per strutture rientranti nel periodo di oscillazione compreso tra 0,5 – 1,5 s, dovrà essere applicato il terzo livello di approfondimento per l'analisi di fenomeni di liquefazione e potranno essere utilizzati i valori forniti dalla normativa per la valutazione degli effetti di amplificazione litologica o in alternativa utilizzati per la progettazione i parametri previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore: nella fattispecie quelli validi per la zona sismica 3.

3.1.3 Sintesi degli elementi conoscitivi

L'area, come desunto dalla tavola di sintesi dello studio geologico, ricade nelle aree a bassa soggiacenza della falda (tra 2 e 5 m) con alta vulnerabilità dell'acquifero freatico. Dal punto di vista geotecnico l'intera area ha discrete caratteristiche geotecniche e discrete capacità portanti.



Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

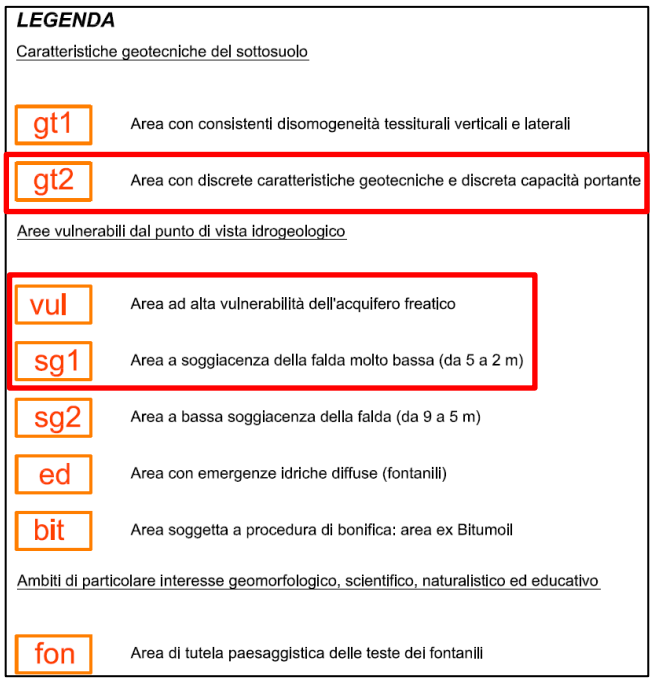

LEGENDA
Caratteristiche geotecniche del sottosuolo
gt1
Area con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali
gt2
Area con discrete caratteristiche geotecniche e discreta capacità portante
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
vul
Area ad alta vulnerabilità dell'acquifero freatico
sg1
Area a soggiacenza della falda molto bassa (da 5 a 2 m)
sg2
Area a bassa soggiacenza della falda (da 9 a 5 m)
ed
Area con emergenze idriche diffuse (fontanili)
bit
Area soggetta a procedura di bonifica: area ex Bitumoil
Ambiti di particolare interesse geomorfologico, scientifico, naturalistico ed educativo
fon
Area di tutela paesaggistica delle teste dei fontanili

Figura 3.4 - Carta di sintesi - Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Vignate (Tav.6)

3.1.4 Fattibilità geologica e norme geologiche di piano

L'ambito di intervento è compreso all'interno della **Classe di fattibilità geologica III - fattibilità con consistenti limitazioni**, come desunto dalla "Carta di fattibilità per le azioni di piano" allegata allo studio geologico del PGT vigente (Figura 3.5).

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

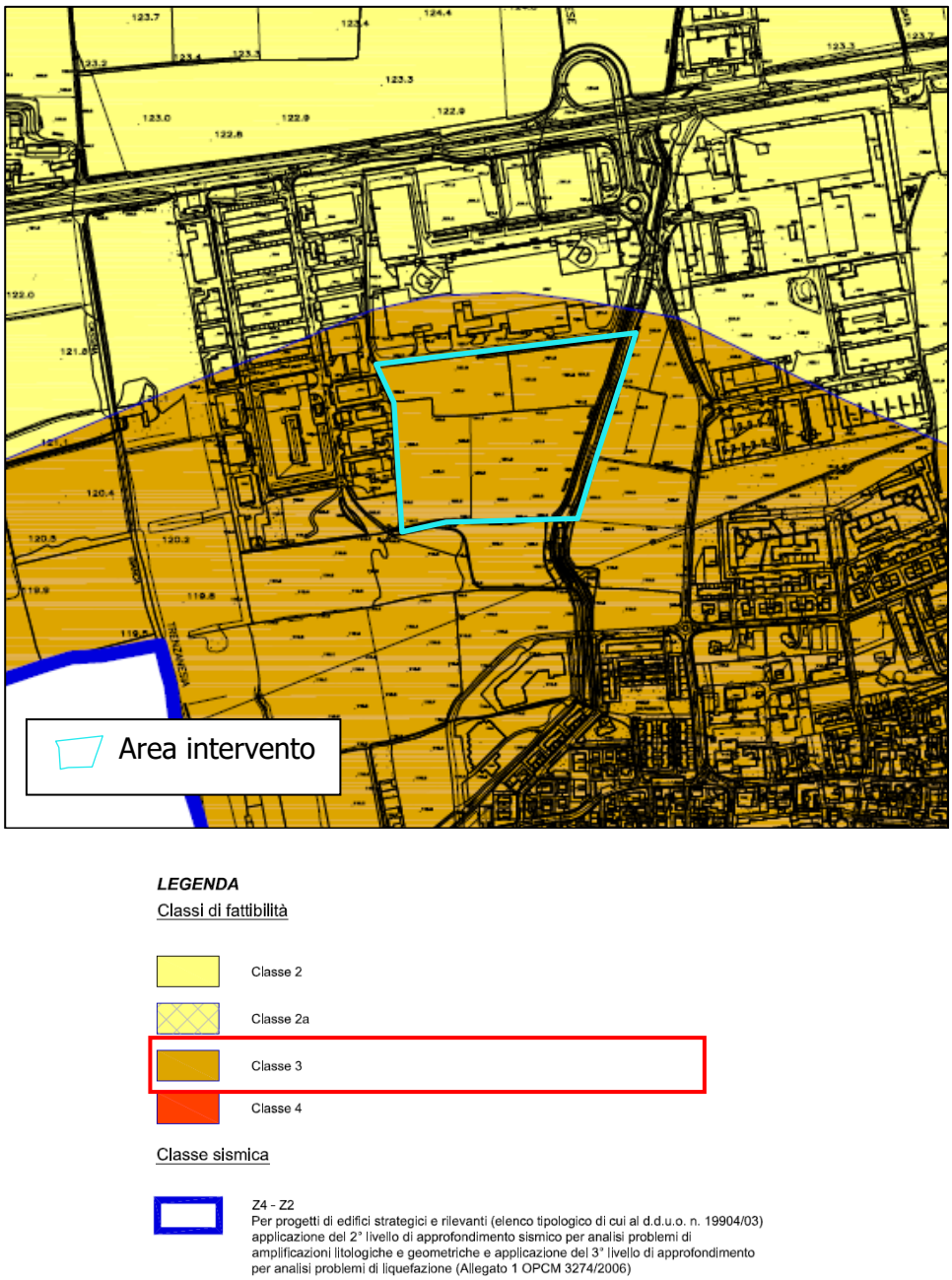

Area intervento
LEGENDA
Classi di fattibilità
Classe 2
Classe 2a
Classe 3
Classe 4
Classe sismica
Z4 - Z2
Per progetti di edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03) applicazione del 2° livello di approfondimento sismico per analisi problemi di amplificazioni litologiche e geometriche e applicazione del 3° livello di approfondimento per analisi problemi di liquefazione (Allegato 1 OPCM 3274/2006)

Figura 3.5 - Carta di fattibilità geologica e idraulica - *Studio geologico, idrogeologico e sismico del PGT di Vignate (Tav. 7a)*

In riferimento all'ambito di studio, le Norme Geologiche di Piano forniscono le seguenti indicazioni.

Classe III– Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe 3 occupa la parte meridionale del territorio di Vignate il cui primo sottosuolo è costituito da ghiaie da poco a ben gradate con limo e sabbia e discrete proprietà meccaniche.

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

La soggiacenza della falda freatica è molto bassa (mediamente inferiore a 5 metri) e la vulnerabilità molto alta.
Qualsiasi modifica alle destinazioni d'uso di questa parte di territorio è subordinata alla realizzazione di supplementi di indagine geognostica che consentano di approfondire la conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche del sito e, in relazione al potenziale carico inquinante dell'insediamento, di valutare il grado di rischio di inquinamento e la metodologia per la salvaguardia della risorsa idrica (vedi classe 2), nonché un approfondimento della conoscenza delle proprietà fisicomeccaniche del terreno di fondazione mediante prove puntuali.

3.2 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

3.2.1 Lineamenti geomorfologici, idrografici e geologici

Il sito di progetto è ubicato nel settore settentrionale del territorio comunale di Vignate all'interno di un'area verde, esterna al centro storico ad una quota topografica media di circa 121 m s.l.m. Il sito appartiene al Foglio catastale n° 4 e nei mappali 17,19, 26, 27 e 324.

L'assetto morfologico del territorio è costituito da estese piane fluvioglaciali e fluviali di età quaternaria, a morfologia subpianeggiante, inserita nell'ambito dell'alta pianura lombarda, prive di dislivelli morfologici significativi, con deboli pendenze verso S dell'ordine di 0,4-0,5%. Il territorio è costituito da una morfologia praticamente pianeggiante, derivata dall'intenso livellamento per scopi agricoli di una superficie originaria leggermente più ondulata; infatti, a grande scala si possono presentare delle blande ondulazioni, interpretabili come paleoalvei, che sono la testimonianza delle antiche divagazioni dei corsi d'acqua che hanno attraversato e costruito tale paesaggio.

La continuità delle morfologie fluvioglaciali è interrotta dalla presenza di una fitta rete di rogge e canali artificiali che trae origine dalle antiche suddivisioni terriere ed ancora asservita all'agricoltura.
Una caratteristica peculiare dell'idrografia locale è il fenomeno naturale delle risorgive.

Le unità geolitologiche presenti in affioramento sono rappresentate da sedimenti di ambiente fluvioglaciale e fluviale/alluvionale di età Pleistocene superiore – Olocene costituenti la Media Pianura Lombarda. Tali depositi, un tempo noti con il nome di "Livello Fondamentale della Pianura", costituiscono le varie paleosuperfici di aggradazione della pianura stessa.

Sono prevalenti depositi di natura ghiaioso sabbiosa con subordinati livelli limoso sabbiosi, localmente argillosi. I caratteri sedimentologici specifici sono quelli dei depositi alluvionali: clasti con grado di arrotondamento variabile da subarrotondato ad arrotondato e grado di alterazione da limitato ad assente. La pertinenza dei depositi ghiaiosi è di tipo alpino con elementi granitici, granodioritici e porfiritici. Sono subordinati i clasti di origine sedimentaria di pertinenza prealpina.

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

La consultazione della banca dati della Regione Lombardia (SIT – Basi Informative Ambientali della Pianura, tematismo "Litologia di superficie") ha permesso di distinguere sul territorio di Vignate le macroaree distinte per litologia superficiale dominante. In particolare, l'area oggetto del presente studio fa parte quasi totalmente della litologia "ghiaie ben gradate con limo e sabbia (**unità G2**)" e in minima parte della litologia "ghiaie ben gradate con sabbie (**unità G1**) (cfr. figura seguente)

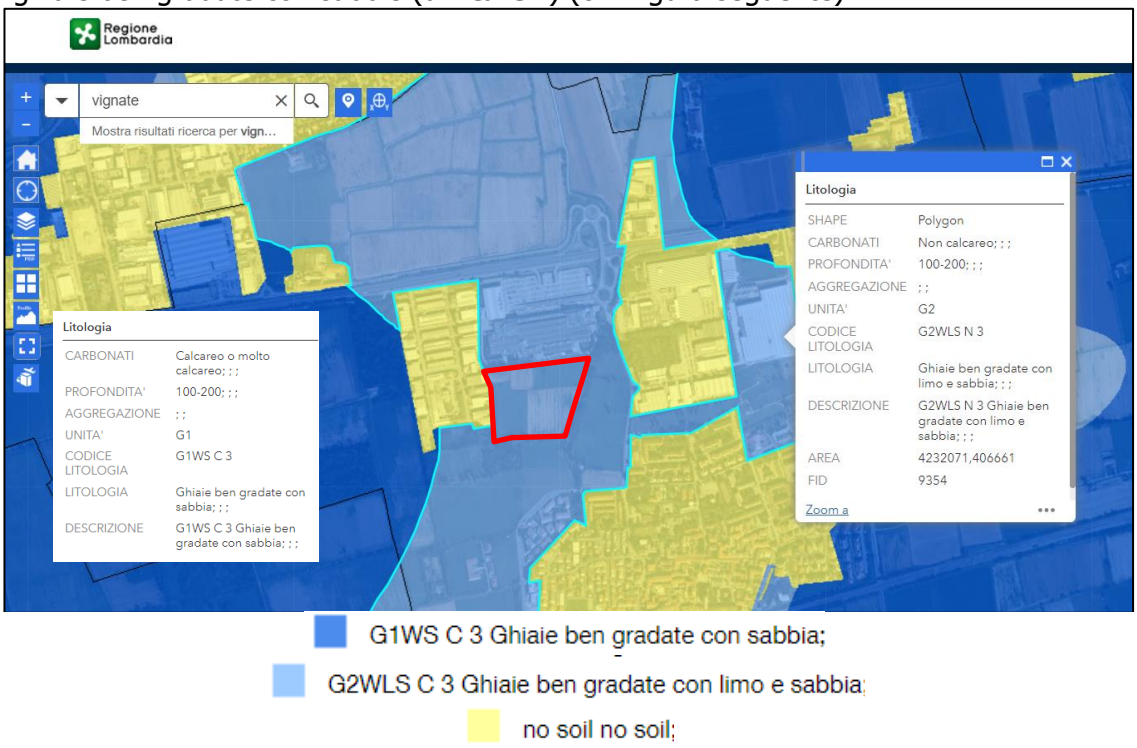

Regione Lombardia
vignate
Mostra risultati ricerca per vign...
Litologia
CARBONATI Calcareo o molto calcareo; ; ;
PROFONDITA' 100-200; ; ;
AGGREGAZIONE ; ;
UNITA' G1
CODICE LITOLOGIA G1WS C 3
LITOLOGIA Ghiaie ben gradate con sabbia; ; ;
DESCRIZIONE G1WS C 3 Ghiaie ben gradate con sabbia; ; ;
Litologia
SHAPE Polygon
CARBONATI Non calcareo; ; ;
PROFONDITA' 100-200; ; ;
AGGREGAZIONE ; ;
UNITA' G2
CODICE LITOLOGIA G2WLS N 3
LITOLOGIA Ghiaie ben gradate con limo e sabbia; ; ;
DESCRIZIONE G2WLS N 3 Ghiaie ben gradate con limo e sabbia; ; ;
AREA 4232071,406661
FID 9354
Zoom a
G1WS C 3 Ghiaie ben gradate con sabbia;
G2WLS C 3 Ghiaie ben gradate con limo e sabbia;
no soil no soil;

Figura 3.6 - Stralcio carta litologica - SIT Regione Lombardia

Dal punto di vista idrografico, l'area è caratterizzata dal torrente Molgora in gestione a Regione Lombardia e da un diffuso reticolo formato da rocce, canali e cavi artificiali con percorsi rettilinei localmente sinuosi ad andamento generale NW-SE. L'area è attraversata da due rogge che scorrono parallele: Roggia Busca e Roggia Ruffina.

3.2.2 Classificazione delle unità di sottosuolo

La ricostruzione della struttura idrogeologica dell'area di studio è visualizzata nelle sezioni di Figura 3.8, passante per i pozzi pubblici e privati presenti nella zona secondo le tracce riportate in Figura 3.7.

Sulla base delle caratteristiche litologiche dei pozzi, si riconoscono nel sottosuolo tre principali unità idrostratigrafiche, distinguibili per omogeneità di costituzione e continuità orizzontale e verticale, la cui denominazione fa riferimento alla classificazione 2002

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

proposta dalla Regione Lombardia, Eni-Divisione Agip e ripresa dal PTUA2016; tali unità si succedono, dalla più superficiale alla più profonda, secondo il seguente schema:

A - Gruppo Acquifero A, dello spessore medio compreso tra 50 e 80 m, costituito in prevalenza da litologie grossolane ad elevata permeabilità (ghiaie sabbiose a matrice sabbiosa medio grossolana con subordinati intervalli sabbiosi da medi a molto grossolani), con subordinate intercalazioni di lenti e livelli limosi e limoso-argillosi di vario spessore (anche plurimetrico) ed estensione areale, alcune delle quali in grado di determinare localmente una compartimentazione del primo acquifero. L'unità, congiuntamente alla seguente unità del Gruppo Acquifero B, è sede dell'acquifero superiore che si differenzia in una porzione superficiale libera idrogeologicamente in comunicazione diretta con la superficie (A1), da una più profonda semiconfinata e confinata (A2); è tradizionalmente captata dai pozzi di captazione a scopo idropotabile di vecchia realizzazione e da pozzi privati ed è caratterizzata da soggiacenze comprese tra 2 e 6 m.

B - Gruppo Acquifero B, dello spessore medio di circa 40 m, costituito da sabbie, sabbie fini localmente ghiaiose a cui si intercalano livelli di argille e argille limose con torbe, di spessore plurimetrico. L'unità, congiuntamente alla precedente Unità A, è sede dell'acquifero superiore con carattere da semiconfinato a confinato, tradizionalmente captata dai pozzi del pubblico acquedotto.

C - Gruppo Acquifero C, costituito da sabbie da fini a medie e argille limose con orizzonti torbosi a cui si intercalano livelli ghiaioso-sabbiosi a maggiore permeabilità. Lo spessore complessivo è sconosciuto in quanto il limite inferiore non è stato raggiunto dalle perforazioni dei pozzi più profondi presenti nell'area.
Nei livelli permeabili sono presenti acquiferi intermedi e profondi, di tipo confinato, la cui vulnerabilità è mitigata dalla presenza a tetto di strati argillosi arealmente continui, ma non sono da escludere collegamenti ed alimentazione da parte dell'acquifero libero superiore ad alta vulnerabilità.

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid @ fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

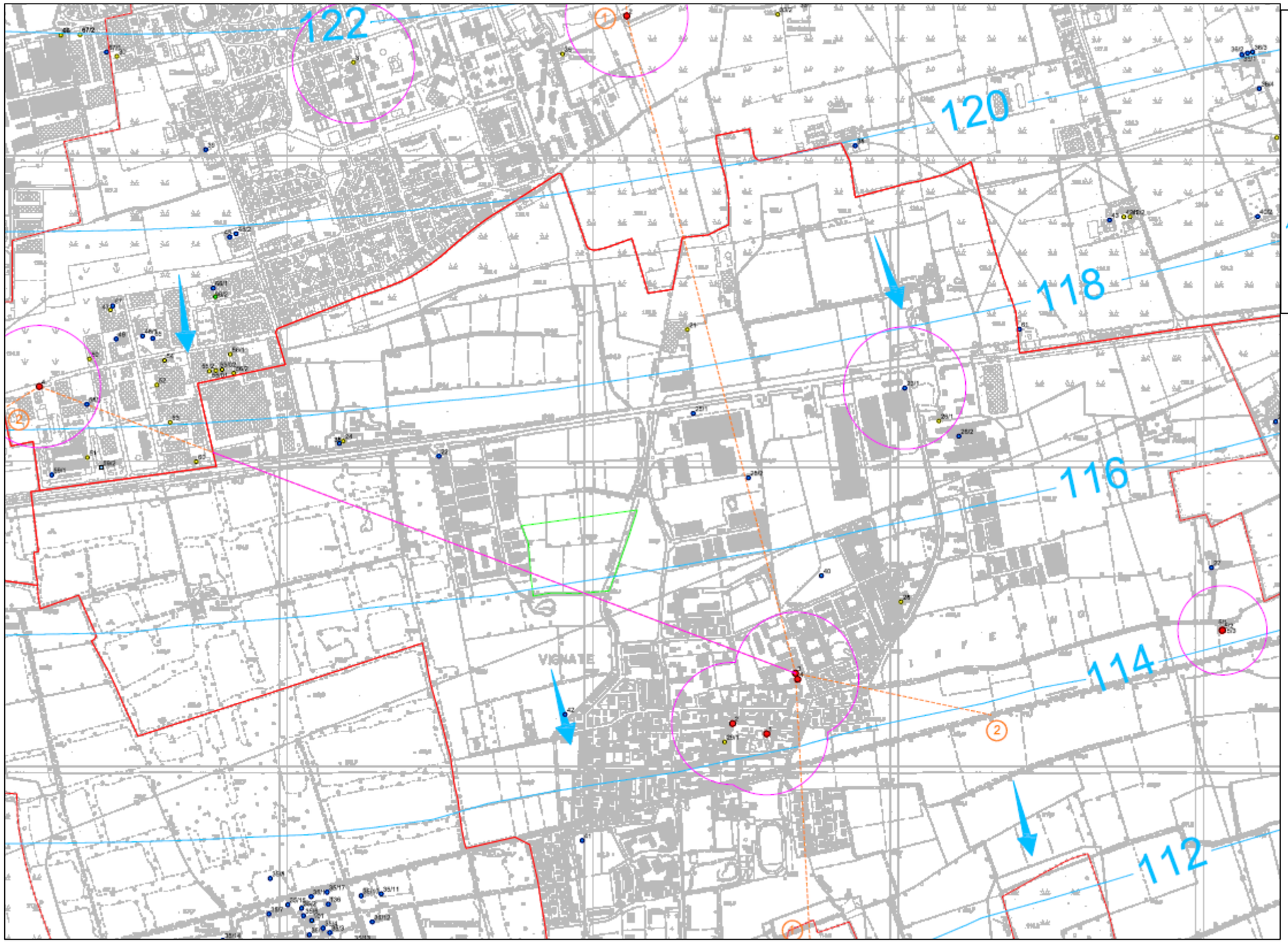


Figura 3.7 – Caratteristiche idrogeologiche

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121
Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

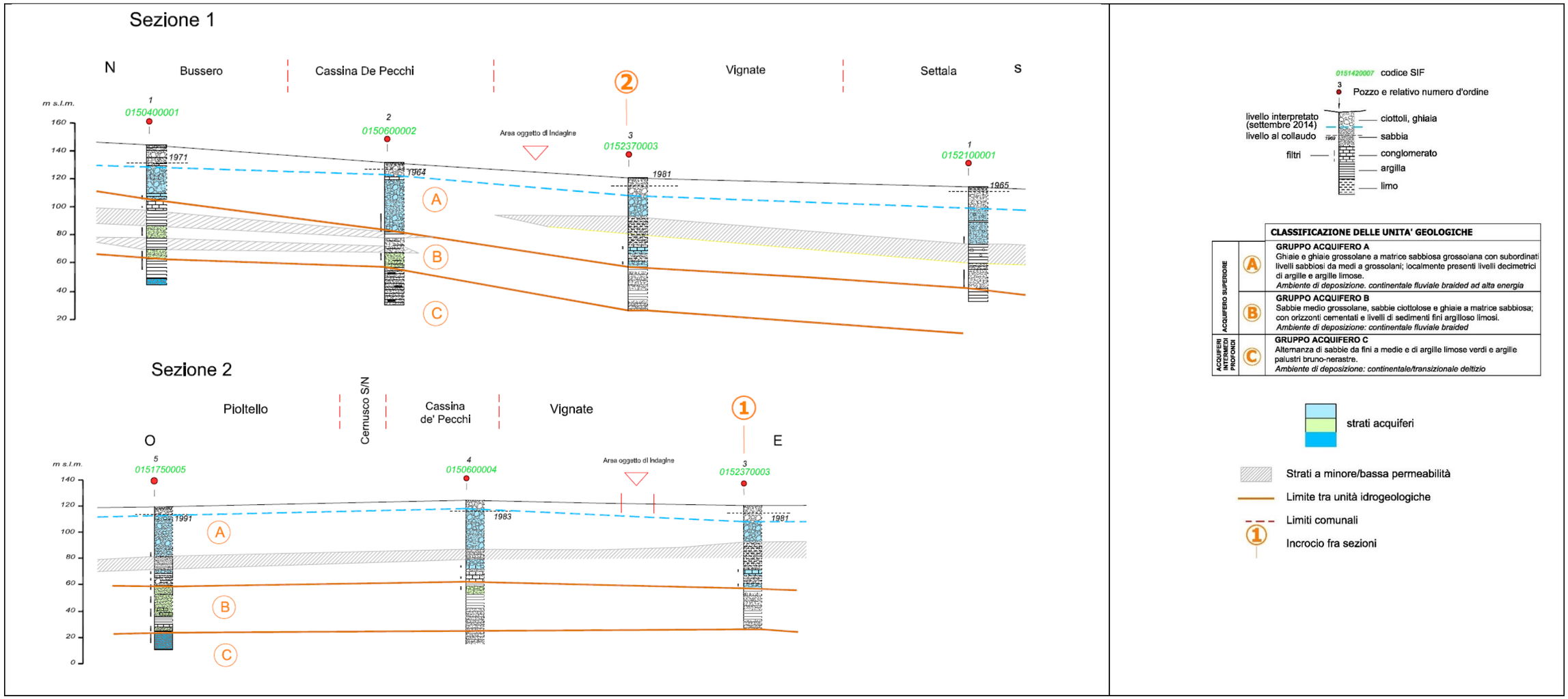


Figura 3.8 – Sezione idrogeologica

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

3.2.3 Caratteri piezometrici

La morfologia della superficie piezometrica dell'acquifero superiore è stata ricostruita tramite i dati di soggiacenza riferiti al settembre 2014 rilevati durante un'apposita campagna di misurazioni effettuata dallo Studio Idrogeotecnico Srl a carattere regionale[1].

Le direzioni del flusso idrico sotterraneo sono mediamente orientate NO-SE con quote comprese tra 112 e 122 m s.l.m. e un gradiente idraulico medio di 3 ‰.

L'andamento nel tempo dei livelli piezometrici della falda superiore, di seguito graficizzato, è desumibile dalle misure periodicamente effettuate dal gruppo CAP S.p.a. sui seguenti pozzi, scelti tra quelli più prossimi all'area di progetto e di cui sono disponibili anche dati recenti: pozzo n. 002 (cod. 0152370002) Vignate via Marconi, q.rif. 117,5 m s.l.m.; pozzo 5/2 (cod. 0152370140) Vignate strada vicinale dell'Inferno, q.rif. 120,3 m s.l.m.;

L'alimentazione della falda superiore è localmente legata, oltre che all'afflusso da monte ed al regime meteorico, anche alla presenza di aree agricole di una certa estensione, le cui pratiche irrigue condizionano il regime oscillatorio della falda.
A scala annuale, il grafico evidenzia, infatti, cicliche oscillazioni stagionali legate ai periodi irrigui, che determinano massimi piezometrici tardo estivi o autunnali (agosto/settembre) e minimi primaverili (aprile/maggio), con escursioni variabili 4,5/5 m in funzione dell'andamento climatico della stagione irrigua.
A stagioni piovose corrispondono escursioni più limitate, determinate dal minor ricorso all'irrigazione per le necessità colturali; viceversa, irrigazioni più frequenti nelle stagioni maggiormente siccitose provocano maggiori escursioni.

La serie storica dei dati evidenzia un progressivo abbassamento della superficie piezometrica media verificatosi dall'inizio degli anni '80 fino al primo semestre 1992, in relazione ad un'alimentazione deficitaria degli acquiferi registrata a livello regionale, determinata dagli scarsi apporti meteorici di tale periodo.
Dal 1992 sino al 2002 si assiste ad un significativo recupero dei livelli, conseguente sia ad un aumento della ricarica efficace (maggior piovosità), sia ad una progressiva diminuzione dei prelievi nell'area milanese a monte flusso.

Dal 2013 si è verificato un nuovo innalzamento dei livelli, che ha avuto il suo massimo tra il 2014 e il 2015, a cui è seguita una tendenziale decrescita fino al 2022, ultimo anno di cui sono disponibili dati.

La dinamica della falda superiore nell'ultimo quarantennio mostra pertanto il prevalere di fattori naturali di carica e ricarica legati all'andamento dei regimi meteorici, rispetto all'entità dei prelievi in atto sul territorio, generalmente stazionari o in lieve aumento.

[1] *Eupolis Lombardia: Attività di progettazione, monitoraggio e studio relative ai corpi idrici sotterranei della Lombardia (Cod. Éupolis lombardia ter13016/001), Studio Idrogeotecnico Applicato - febbraio 2015*

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

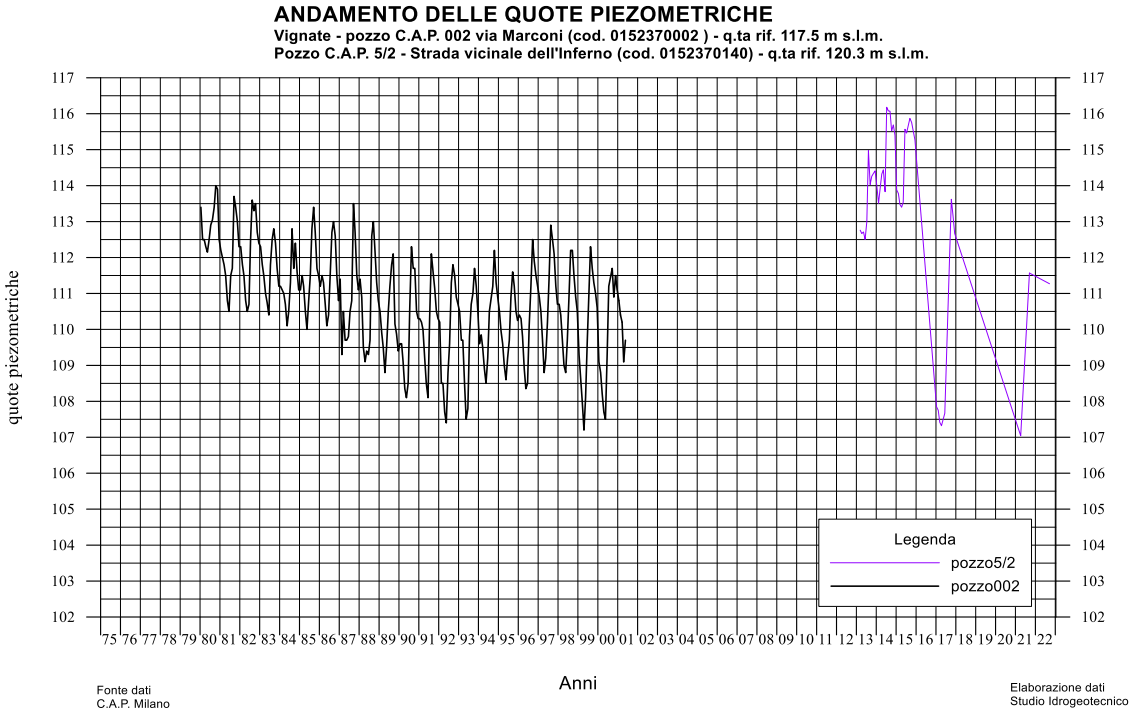


Figura 3.9 - Andamento delle quote piezometriche

3.2.4 Piezometria sito specifica

Nell'ambito delle indagini ambientali condotte dallo Studio Associato "Ingegneria e Ambiente" nel maggio 2022 sono stati effettuati 4 sondaggi a carotaggio continuo successivamente attrezzati a piezometro. I piezometri sono ubicati due lungo il confine meridionale (PZ1 e PZ2) e due lungo il confine settentrionale (PZ3 e PZ4) (cfr. All. 1). Nello stesso mese, al termine della terebrazione dei piezometri, è stata svolta una campagna di misura, i cui risultati sono riportati nella seguente tabella:

Campagna piezometrica 27/05/2022 - Vignate (MI)						
SITO	SIGLA	QUOTA DI RIFERIMENTO testa piezometro (m s.l.m.)	SOGGIACENZA (m)	QUOTA DELLA FALDA (m s.l.m.)	Coordinate Gauss Boaga	
					LONGITUDINE (x)	LATITUDINE (y)
Vignate	PZ 1	120.32	10.12	110.20	1528848.39	5038589.85
	PZ 2	120.99	10.94	110.05	1528983.78	5038593.17
	PZ 3	121.43	10.48	110.95	1528929.47	5038825.13
	PZ 4	121.73	10.87	110.86	1529132.7	5038845.82

Questi dati sono coerenti ai valori riferiti al grafico precedente, ove si riscontra una soggiacenza media dell'area a circa 9-10 m dal piano campagna.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Nel maggio 2024, in concomitanza con l'esecuzione delle nuove indagini geotecniche, è stata effettuata una nuova misurazione del livello di falda presso i due piezometri di nuova realizzazione, di seguito riportata:

id	Quota rif. (m s.l.m.)	L.S. (m da p.c.)	Quota Piezometrica (m s.l.m.)
S4-PZ1	121,50	7,10	114,4
S5-PZ2	120,92	6,90	114,02

In base alla ricostruzione piezometrica del settembre 2014 (cfr. fig. 3.9 inquadramento idrogeologico) considerata come condizione di massimo piezometrico storico nell'ultimo quarantennio, la quota di falda massima sul sito si attesta a 116,6 m s.l.m. corrispondente ad una soggiacenza di 4,4 m dallo 0 di progetto coincidente con il p.c. attuale (121 – 116,6 m s.l.m. = 4,4 m).

Tenendo in considerazione le oscillazioni stagionali medie del livello freatico comprese tra 4,5 e 5 m dovute principalmente alla pratica irrigua ed alla dispersione delle acque dai canali nel periodo compresi tra il mese di aprile e quello di settembre in cui si osserva il massimo innalzamento medio del livello di falda, si riportano di seguito le quote di falda di riferimento per il progetto.

Quota media p.c. (m s.l.m.)	Quota media falda (m s.l.m.)	Quota max falda (marzo 2014) (m s.l.m.)
121	110,5	116,0

Sulla base dei riferimenti progettuali, la quota di imposta delle fondazioni è a -2,0 m da 0 di progetto (coincidente con il p.c. attuale), per cui si evidenzia la non interferenza con la falda, sia nelle condizioni recenti sia sul lungo periodo.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

3.3 ASPETTI SISMICI SITO SPECIFICI

3.3.1 Approfondimento sismico di primo livello

3.3.1.1 Pericolosità sismica locale

In adempimento a quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" e in accordo con la D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001 "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica", viene richiesta l'analisi della sismicità secondo le modalità indicate nell'All. 5 della D.G.R. IX/2616/2011.
La procedura di 1° livello è un approccio di tipo qualitativo e consente l'individuazione, a partire dalle informazioni già acquisite nella fase di analisi territoriale di base (caratterizzazione geologica e geologico-tecnica), di ambiti areali caratterizzati da specifici scenari di pericolosità sismica locale in cui gli effetti della sollecitazione sismica di base attesa sono prevedibili con sufficiente approssimazione.
Secondo la classificazione sismica vigente (Delibera Giunta regionale 11 luglio 2014 - n. X/2129), il comune di Vignate ricade in zona sismica 3.
Dall'esame della documentazione analitica di base (Carta sismica allegata al P.G.T. comunale) il sito di intervento rientra negli scenari di pericolosità sismica locale PSL Z2 (per liquefazione) e Z4 (amplificazione litologica), secondo la Tabella 1 di cui all'Allegato 5 alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616, di seguito riportata.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Per la valutazione degli effetti di amplificazione sismica sito specifica, la procedura di cui al punto 1.4.4 dell'Allegato B alla D.G.R. 30 novembre 2011 n. IX/2616 "*Sintesi delle*

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

procedure", prevede l'applicazione di tre livelli di approfondimento sismico con grado di dettaglio crescente in funzione della zona sismica di appartenenza, come illustrato nella tabella seguente.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1^ livello fase pianificatoria	2^ livello fase pianificatoria	3^ livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1e Z2.
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2^ livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale; - Nelle zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale

Nel caso specifico, teniamo in considerazione lo scenario Z4 (amplificazione litologica) e non lo scenario Z2 (liquefazione).
Infatti, come indicato al capitolo 3.3.1.3 "Verifica alla liquefazione", si esclude il fenomeno di liquefazione in caso di evento sismico, in quanto i valori di accelerazione massima al suolo sono < 0,1 g; pertanto, non vi è necessità di eseguire il calcolo del potenziale di liquefazione previsto dall'approfondimento sismico di 3° livello secondo lo scenario Z2.
Si procede con l'approfondimento di 2° livello per lo scenario Z4.

3.3.1.2 Parametri sismici

Per quanto concerne la determinazione dei parametri di scuotimento sismico dell'area di progetto, facendo riferimento al D.M. 17/01/18 "*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni",* la sismicità di base del sito è definibile in funzione del valore assunto dall'accelerazione massima attesa su suolo rigido in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento nazionale, le cui coordinate sono le seguenti:

Sito in esame

latitudine: 45,502108
longitudine: 9,371592
Classe: 2
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 12041	Lat: 45,5142	Lon: 9,3560	Distanza: 1811,150
Sito 2	ID: 12042	Lat: 45,5166	Lon: 9,4272	Distanza: 4621,825
Sito 3	ID: 12264	Lat: 45,4667	Lon: 9,4306	Distanza: 6059,006
Sito 4	ID: 12263	Lat: 45,4642	Lon: 9,3595	Distanza: 4315,034

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Per le opere in progetto i parametri sismici di base al bedrock sismico assumono i seguenti valori:

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.226	2.535	0.181
S.L.D.	50.0	0.284	2.526	0.204
S.L.V.	475.0	0.637	2.603	0.284
S.L.C.	975.0	0.804	2.615	0.294

Dove a_g = accelerazione orizzontale massima al sito,

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale,

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Inoltre, le NTC 2018 calcolano i coefficienti sismici k_h e k_V in dipendenza di vari fattori:

$$k_h = \beta \times (a_{max}/g)$$

$$k_V = \pm 0{,}5 \times Kh$$

β= Coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;

a_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

g = Accelerazione di gravità.

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.2712	0.2	0.0055	0.0028
S.L.D.	0.3408	0.2	0.007	0.0035
S.L.V.	0.7644	0.2	0.0156	0.0078
S.L.C.	0.9648	0.2	0.0197	0.0098

Per la scelta dei parametri progettuali, vista la tipologia di intervento, abbiamo assegnato ai manufatti una vita nominale Vn (2.4.1 - NTC2018) maggiore di 50 anni e una classe d'uso "II" (2.4.2 – NTC2018).
Ne consegue che la vita di riferimento Vr per le azioni sismiche è pari a Vn × Cu (coefficiente d'uso = 1 per classe d'uso II) = 50 anni.
Come condizione topografica al contorno, dovrà essere considerata la categoria T1, propria dei terreni pianeggianti.
L'azione sismica di progetto tiene, inoltre, conto della categoria di sottosuolo di riferimento (3.2.2 – NTC2018); sono previste cinque classi di terreni, identificabili sulla

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri, e definite dalla velocità delle onde S (tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018).
Le NTC2018 raccomandano fortemente la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs; a tale scopo abbiamo eseguito una prova sismica Down-hole e due prove sismiche HVSR.
Abbiamo elaborato i risultati a partire da – 2,00 m, ossia dalla quota di fondazione indicata dai progettisti.
I risultati sono stati:

- Down-hole → VsEq. da – 2,00 m = 435 m/s;
- HVSR 1 → VsEq. da – 2,00 m = 427 m/s;
- HVSR 2 → VsEq. da – 2,00 m = 428 m/s.

Pertanto, si attesta che i terreni di fondazione presentano caratteristiche conformi alla **categoria sismica di sottosuolo B**, secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

3.3.1.3 Verifica della suscettibilità alla liquefazione

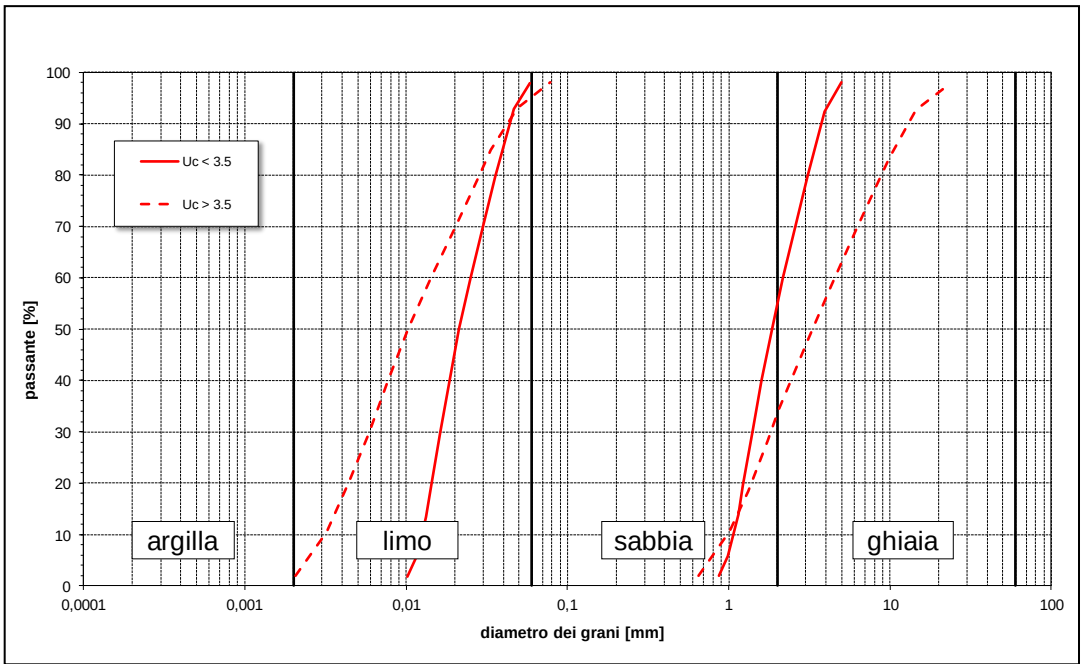
Il fenomeno della liquefazione interessa depositi sabbiosi e sabbioso-limosi saturi che durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino a che la nuova configurazione del terreno non è compatibile con la diminuita resistenza al taglio.
I parametri che governano il fenomeno sono rappresentati in generale da:

- condizioni di drenaggio e grado di saturazione del deposito;
- granulometria del deposito;
- stato di addensamento;
- intensità, forma spettrale e durata delle sollecitazioni cicliche;
- stato tensionale iniziale;
- storia tensionale e deformativa del deposito;
- fenomeni di aging.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Ai sensi del D.M. 17/01/18 i terreni di fondazione sono da non ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in occasione dell'evento sismico e la verifica a liquefazione può essere omessa quando si verifichi almeno una delle seguenti condizioni:

1) l'accelerazione massima attesa a piano campagna in condizioni di free-field è inferiore a 0.1 g;
2) la profondità media stagionale della falda è superiore a 15 m da p.c.;
3) sono presenti depositi sabbiosi puliti con resistenza penetrometrica dinamica normalizzata $(N_1)_{60}$ superiore a 30 o con resistenza penetrometrica statica normalizzata q_{c1N}> 180;
4) sono presenti terreni con distribuzione granulometrica esterna ai limiti indicati nel grafico seguente.



Nel caso in esame, i terreni di fondazione non sono da ritenersi suscettibili a fenomeni di liquefazione in quanto è verificata almeno la condizione 1) di cui al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, ossia a_{max}< 0,1 g.
L'accelerazione massima in superficie viene desunta dai valori prescritti dalla normativa NTC 2018, ossia $a_{max} = a_g \times S$.

Dove $S = S_s \times S_T$ (categoria di sottosuolo e categoria topografica).

In particolare, si fa riferimento alle Tabelle 3.2.IV e 3.2.V delle NTC 2018, nelle quali, per la categoria di sottosuolo B e categoria topografica T1, si considerano i seguenti valori:

- $S_S = 1,2$
- $S_T = 1,0$

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Il risultato ottenuto indica che l'accelerazione massima a_{max} per lo stato limite SLV, amplificata del coefficiente 1,2 per la categoria sismica B, è circa 0,077 g, che è quindi minore di 0,1 g.
Pertanto, manca l'elemento scatenante perché si verifichi il fenomeno della liquefazione. Il sito può essere considerato stabile ai sensi del D.M. 17/01/18 e della D.G.R. IX/2616/2011.

3.3.2 Metodologia di esecuzione della prova sismica Down-hole

L'indagine sismica "Down-Hole" viene eseguita con lo scopo di misurare la velocità delle onde sismiche dirette che si propagano dalla superficie nel terreno in profondità.

PROFONDITA'	RANGE (m)	ONDE RILEVATE
35 m	Ogni metro	S+P

Il terreno viene energizzato in superficie, in prossimità di testa foro, e la registrazione avviene in foro grazie ad un geofono triassiale ancorato a profondità via via crescenti. In particolare, tale geofono registra gli spostamenti (tradotti sotto forma di impulsi elettrici) lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z).

Le onde sismiche possono essere generate energizzando il terreno in direzione verticale oppure in direzione trasversale (parallelamente al suolo). Nel primo caso verranno generate prevalentemente onde compressive (onde P) che si propagano in profondità e vengono registrate al meglio dal geofono verticale (asse z). Nel secondo caso verranno generate prevalentemente onde di taglio (onde S) visibili principalmente sui geofoni con l'asse posto orizzontalmente (assi x e y).

Le onde di taglio hanno velocità inferiori rispetto a quelle compressive e quindi raggiungeranno il geofono triassiale quando il primo fronte d'onda compressiva è già transitato. Questo passaggio, purtroppo, costituisce un disturbo per la misura delle onde trasversali in quanto i geofoni orizzontali si trovano ancora in movimento all'arrivo dell'onda S. Per migliorare il rapporto fra l'energia dell'onda compressiva P e l'energia dell'onda trasversale S a favore di quest'ultima, si realizza una doppia energizzazione orizzontale con verso opposto. La sottrazione delle forme d'onda relative a queste due acquisizioni riduce sensibilmente la componente compressiva presente nel segnale.

La misura dei tempi dei primi arrivi delle onde sismiche deve essere realizzata con precisione e con un dettaglio non inferiore al decimo di millisecondo. Ogni ritardo fra il momento dell'energizzazione fornita al terreno e l'inizio della registrazione sul sismografo si traduce in un errore significativo nei valori di velocità misurati. Per annullare ogni effetto di ritardo, viene posizionato un secondo geofono in prossimità del punto di battuta a testa foro. La forma d'onda restituita da questo geofono viene acquisita su un canale del sismografo e viene analizzata separatamente rispetto a quello che avanza in profondità, in modo da poter valutare ogni possibile anticipo o ritardo del treno d'onda. Il valore del tempo del primo fronte di arrivo a questo geofono è sempre

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

lo stesso per tutte le battute e il segnale è ricco di alte frequenze grazie alla prossimità con la sorgente e quindi è preciso il tempo misurato. In questo caso è stato utilizzato un sistema di chiusura di un circuito elettrico privo di ritardi.

L'analisi dei dati prevede che le battute eseguite in diversi momenti avanzando in profondità vengano raccolte a ricostruire un unico sismogramma, identico a quello che sarebbe stato ricevuto da una catena di tanti geofoni quante sono le posizioni di misura nel foro. In particolare, vengono raggruppate in un sismogramma le forme d'onda relative al geofono verticale (asse z) e in un altro sismogramma le forme d'onda relative ai geofoni orizzontali (assi x e y). Poiché i geofoni orizzontali sono due (e posizionati tra di loro a 90°) e il sismogramma uno solo, è necessario che le forme d'onda vengano fra loro composte secondo un certo angolo ϑ (diverso da 90°) che viene opportunamente modificato dal programma di interpretazione per cercare il piano di oscillazione principale dell'onda di taglio. La progressiva modifica dell'angolo di composizione tra x e y, accompagnata dalla grafica in tempo reale della forma d'onda composta, consente di individuare quel valore dell'angolo ϑ per il quale è minima l'energia dell'onda compressiva e massima quella dell'onda trasversale. Questo valore dell'angolo di composizione, diverso per ciascuna profondità, viene utilizzato per la creazione del sismogramma riguardante le onde di taglio.

In Allegato 4 viene riportato l'elaborato grafico delle prove Down-hole.

Esecuzione della prova Down-hole

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

3.3.3 Metodologia di esecuzione della prova sismica HVSR

L'indagine HVSR è una tecnica di misura sismica passiva, non invasiva e di rapida esecuzione utilizzata per stimare le frequenze caratteristiche di risonanza di sito. La restituzione dei dati permette di elaborare una ricostruzione stratigrafica del sottosuolo, di verificare la mono-dimensionalità degli strati e valutare la doppia risonanza suolo-struttura.
La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terreste, ed è prodotto dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.
Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.
La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nell'energizzazione della sismica attiva, ma è presente naturalmente.
In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.
La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$$Fn = Vs/4\ h$$

in cui Vs è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.
Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.
I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale EEG ed elaborati con software EEG:
- il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t, e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori.

Per ciascuna delle tre componenti del moto il software esegue le seguenti elaborazioni:
- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

In Allegato 5 viene riportato l'elaborato delle prove HVSR.

Esecuzione di una prova HVSR

3.3.4 Approfondimento sismico di secondo livello per scenario PSL Z4

Al fine di applicare i risultati sito specifici alla direttiva regionale sismica vigente, prendiamo in considerazione i valori rilevati attraverso la prova sismica Down-hole, senz'altro la prova più precisa per valutare gli effetti di amplificazione locali.
Il secondo livello di approfondimento consente la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi negli scenari perimetrati nella carta PSL e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del Fattore di amplificazione (Fa).
L'applicazione di tale livello consente di individuare aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare edifici e infrastrutture dagli effetti attesi di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunale riportato in apposite tabelle fornite dalla Regione Lombardia e calcolate dal Politecnico di Milano).

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo compresi tra 0,1 e 0,5 s e tra 0,5 e 1,5 s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale.
Per quel che riguarda gli effetti litologici, la procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- Stratigrafia del sito;
- Andamento delle Vs (velocità delle onde di taglio) con la profondità;
- Spessore e velocità di ciascuno strato;
- Modello geofisico del terreno.

Parametri litologici e stratigrafici – modello geotecnico del terreno

Le caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni oggetto di studio, necessarie per l'analisi di rischio di secondo livello, sono state ricostruite mediante i risultati dell'indagine geognostica riportata in allegato.

Onde di taglio Vs e modello geofisico del terreno

Sulla base della stratigrafia delle velocità di propagazione delle onde di taglio definita per l'area in esame è possibile definire un valore di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,}$eq secondo la seguente espressione, in accordo al D.M. 17 gennaio 2018 "*Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni*":

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove **H** rappresenta la profondità del substrato sismico, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto addensato caratterizzata da valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_S non inferiori a 800 m/s e $\mathbf{h_i}$ e $\mathbf{V_{Si}}$ rappresentano rispettivamente lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio di ciascuno strato.
Nel caso in cui la profondità del substrato **H** sia superiore a 30 m dal piano di riferimento (piano di posa delle fondazioni superficiali, testa dei pali di fondazione, testa di opere di sostegno di terreni naturali, piano di posa delle fondazioni di muri di sostegno di terrapieni) la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30}, ottenuto ponendo **H** pari a 30 nella precedente espressione e considerando le velocità di propagazione dei diversi strati di terreno fino a tale profondità.

Stima degli effetti litologici e del fattore di amplificazione

Tenuto conto di tutti i dati illustrati nei precedenti paragrafi e quindi del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico emerso dalle elaborazioni, possono essere applicate le procedure finali dell'All.5 alla D.G.R. IX/2616/2011 per la stima degli effetti litologici e del relativo Fattore di amplificazione (Fa).

Individuazione della scheda litologica di valutazione

In accordo alla procedura regionale si è proceduto a confrontare la stratigrafia di propagazione delle onde di taglio con le curve di riferimento attualmente disponibili.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Sulla base del confronto tra le curve sperimentali e le curve di riferimento regionali è stata scelta la scheda di valutazione relativa alla "litologia sabbiosa".

Calcolo del periodo proprio di sito

Per il calcolo del periodo proprio di sito T, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, occorre considerare la stratigrafia di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs fino alla profondità a cui si raggiunge un valore

$$T0 = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} V_{Si} \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i}\right)}$$

dove h_i e V_{si} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello (vedi elaborato prova Down-hole).
Nella seguente tabella, riportiamo i valori di T_0 (periodo proprio del sito), calcolati ad ogni variazione di velocità.

Tabella - periodo proprio di oscillazione ad ogni variazione di velocità delle onde S

tetto strato	base strato	spessore	vs30	T0
2	3	1	192	0,020833333
3	4	1	273	0,034408602
4	5	1	329	0,04534005
5	6	1	360	0,055459272
6	7	1	417	0,063653724
7	8	1	431	0,071928072
8	9	1	439	0,080294961
9	10	1	444	0,088734835
10	11	1	447	0,097238896
11	12	1	450	0,105764146
12	13	1	452	0,114312707
13	14	1	493	0,121853184
14	15	1	494	0,129477112
15	16	1	495	0,137158852
16	17	1	496	0,144880876
17	18	1	458	0,153523238
18	21	3	459	0,179445756
21	23	2	460	0,196721311
23	26	3	483	0,221198157
26	27	1	484	0,229357798
27	32	5	570	0,261818182
32	33	1	591	0,268042675
33	34	1	592	0,274291837
34	35	1	591	0,280597784

Si è ottenuto un valore massimo del periodo del sito T_0 pari a 0,28 s.

Calcolo del fattore di amplificazione

Per il calcolo del fattore di amplificazione litologico locale è necessario dapprima individuare lo spessore e la velocità di propagazione delle onde di taglio dello strato superficiale, definito come il primo strato a partire dal piano di riferimento avente spessore minimo di 4 m.

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Tenuto conto della profondità del primo strato equivalente e della velocità Vs ottenuta come media pesata si è considerata la curva caratteristica n. 2 della scheda "litologia sabbiosa" di cui sopra:
- strato equivalente di 4,00 m (da – 2,00 m a – 6,00 m) e Vs pesata = 288,5 m/s.

Sulla base dell'individuazione della curva caratteristica della scheda "litologia sabbiosa" di cui copra, occorre calcolare il Fattore di amplificazione di sito F_a ai sensi della D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011; tale norma prevede due fattori di amplificazione, ossia F_a compreso tra 0,1 s e 0,5 s e F_a compreso tra 0,5 s e 1,5 s.
I progettisti ci hanno comunicato che i periodi propri di oscillazione degli edifici saranno:

- Data center → T1 = 2,3 s;
- Uffici → T1 = 2,5 s;
- Gantry → T1 = 1,6.

Pertanto, calcoliamo il fattore di amplificazione del sito per il periodo compreso tra 0,5 s e 1,5 s, ossia quello più alto tra i due previsti dalla normativa.
La formula per calcolare tale fattore è indicata nella scheda "litologia sabbiosa" e in particolare è:

Curva	*0,08 ≤ T_0< 0,80*
2	$Fa_{0,5\text{-}1,5} = -6,11\ T_0^3 + 5,79\ T_0^2 + 0,44\ T_0 + 0,93$

Sulla base del modello monodimensionale ricostruito con la prova sismica MASW, si ottengono i seguenti risultati:

Categoria Sottosuolo da $V_{s.}$	**Scheda**	**Curva**	**Periodo T_o [s]**	**Fa calcolato FAC**
B	Sabbiosa	2	0,28	**(0,5-1,5 s) 1,37**

Per il territorio comunale di Vignate e per la categoria sismica di sottosuolo B, il valore di Fa di soglia tra 0,5 s e 1,5 s è 1,7.

Quindi risulta:
- $Fa_{0,5\div1,5\ s} = 1,37 < 1,7$ → Fattore di amplificazione sismica calcolato (FAC) < Fattore di amplificazione sismica Soglia comunale (FAS).

Sulla base dell'applicazione del secondo livello di approfondimento sismico sito specifico, di cui alla D.G.R. IX/2616/2011, la categoria di sottosuolo ricavata secondo le procedure contenute nella normativa antisismica è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica propri del sito.
Pertanto, per l'intervento in progetto va considerata la categoria sismica di sottosuolo B, confermando quanto ottenuto dalle prove sismiche eseguite in sito.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

4 RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA (R2)

4.1 INDAGINI IN SITO

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dell'area in oggetto è stata ottenuta mediante le seguenti indagini eseguite nei mesi di febbraio/marzo 2024:

- n° 8 sondaggi geognostici (S1÷S8) a carotaggio continuo spinti alla profondità di 35,00 m da p.c.;
- n° 16 prove penetrometriche dinamiche continue SCPT (Standard Cone Penetration Test);
- n° 119 prove SPT (Standard Penetration Test) complessive nei fori di sondaggio.

L'ubicazione di tutte le indagini eseguite è riportata in Allegato 1.

4.1.1 Metodologia di esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi sono stati eseguiti con una sonda idraulica cingolata. Le perforazioni sono state eseguite a rotazione, a carotaggio continuo, con l'impiego di carotiere semplice con Φint = 101 mm; dopo ogni manovra di perforazione si è provveduto al sostenimento del foro con l'impiego di tubi di rivestimento con Φest = 127 mm.

Caratteristiche tecniche dell'attrezzatura da perforazione:

- Carotiere: - diametro nominale Φ = 101 mm;

  - lunghezza utile l = 300 cm;

  - diametro rivestimenti Φ = 127 mm.

- Aste di perforazione con filettatura tronco conica: diametro nominale Φ = 60 ÷ 76 mm.

Le carote estratte nel corso della perforazione sono state sistemate in apposite cassette catalogatrici, munite di scomparti divisori e coperchio apribile di dimensioni 5 m X 1 m, ed una volta scortecciate sono state fotografate.

In Allegato 2 vengono riportate le stratigrafie dei sondaggi eseguiti.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

4.1.2 Metodologia delle prove penetrometriche dinamiche in foro SPT

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n° 119 prove penetrometriche dinamiche SPT in foro /Standard Penetration Test), ossia n° 16 prove ciascuno per S2, S5, S7, n° 15 prove ciascuno per S1 ed S6, n° 14 prove ciascuno per S3 ed S4, n° 13 prove per S8.

L'attrezzatura impiegata ha le seguenti caratteristiche tecniche:

- testa di battuta in acciaio avvitata su aste = 51 mm;
- altezza di caduta del maglio = 75 cm;
- peso del maglio = 63,5 kg.

I risultati delle prove SPT sono riportati a lato delle stratigrafie in Allegato 2.

4.1.3 Metodologia delle prove penetrometriche dinamiche SCPT

La prova penetrometrica standard (Standard Cone Penetration Test) consiste nel misurare il numero di colpi necessario ad infiggere per 30 cm nel terreno una punta conica collegata alla superficie da una batteria di aste.
Le misure vengono fatte senza soluzione di continuità a partire da piano campagna: ogni 30 cm di profondità si rileva perciò un valore del numero di colpi necessario all'infissione.
Caratteristiche tecniche:

- altezza di caduta della mazza: 75 cm;
- peso della mazza: 73 kg;
- punta conica: conicità 60°, ϕ = 51 mm;
- aste: ϕ=34 mm.

Il risultato viene dato in forma di grafico, con una linea rappresentante la resistenza che il terreno ha opposto alla penetrazione alla punta (RP).

In Allegato 3 sono riportati gli elaborati grafici delle prove SCPT.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Esecuzione delle prove penetrometriche SCPT.

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO – TECNICA DEI TERRENI

Come detto, in allegato sono riportate tutte le stratigrafie di dettaglio dei sondaggi a carotaggio continuo.
Il primo strato è solitamente terreno vegetale costituito prevalentemente da sabbia limosa; nel sondaggio S8 è presente riporto costituito da sabbia limosa con rari frammenti di laterizi fino a circa – 1,60 m.
Oltre tale primo strato, in tutti i sondaggi, vi è un'alternanza di strati prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi fino a circa – 29,00/30,00 m.
A tale quota si rilevano strati per lo più a granulometria fine (sabbie e limi argillosi) fino alla massima profondità raggiunta (– 35,00 m).

Le prove penetrometriche SCPT ed SPT hanno consentito il rilevamento dello stato di addensamento del terreno a varie profondità.
Confrontando i valori di resistenza alla penetrazione di tutte le prove e considerando quelli più bassi a favore di sicurezza, è stato possibile sintetizzare l'andamento geo-meccanico complessivo:

- da 0,00 m a circa – 1,00/2,00 m → grado di addensamento scarso (unità geotecnica 1);
- da circa – 1,00/2,00 m a circa – 7,00 m → grado di addensamento buono (unità geotecnica 2);

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

- da circa – 7,00 m a circa – 8,00 m → grado di addensamento medio (unità geotecnica 3);
- da circa – 8,00 m a – 33,45 m → grado di addensamento buono (unità geotecnica 4).

I parametri geotecnici indicati nel seguito sono stati ottenuti indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove penetrometriche.

I valori adottati come rappresentativi delle caratteristiche geotecniche dei terreni investigati sono quelli consigliati da diversi Autori (Peck, Hanson e Thornburn, 1953; K. Terzaghi e R.B. Peck, 1976; G. Sanglerat, 1979; J.E. Bowles, 1982) e sono stati definiti in modo moderatamente cautelativo.

I valori delle resistenze all'avanzamento delle prove penetrometriche dinamiche sono stati correlati ai valori di $\mathbf{N_{SPT}}$, utilizzati per la valutazione dei parametri di resistenza e deformabilità, mediante la seguente relazione:

$$\mathbf{N_{SPT} = 1,5 \times N_{SCPT}}$$

I valori di resistenza alla penetrazione dinamica ricavati dalle prove in sito sono stati normalizzati in funzione della profondità, del tipo di attrezzatura utilizzata e dalle caratteristiche granulometriche generali dei terreni, secondo la seguente equazione:

$$\mathbf{N'(60) = N_{SPT} \times 1,08 \times Cr \times Cd \times Cn}$$

dove: **N'(60)** = valore di resistenza normalizzato

Cr = fattore di correzione funzione della profondità

Cd = fattore di correzione funzione del diametro del foro

Cn = fattore di correzione funzione della granulometria del terreno

1,08 = valore di correzione funzione delle caratteristiche di restituzione dell'energia sviluppata dall'attrezzatura

La stima del valore della densità relativa (Dr) è stata eseguita secondo le equazioni proposte da Skempton (1986):

$$Dr \cong \sqrt{N_{60} / 60}$$

La valutazione del valore dell'angolo d'attrito mobilizzabile, in termini di sforzi efficaci, è stata effettuata sulla base delle correlazioni proposte da Shmertmann, 1977.

Per la valutazione del modulo elastico si fa riferimento alle seguenti correlazioni empiriche, con valori espressi in kPa.

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

Terreno	SPT	CPT
Sabbia (normalmente consolidata)	$E_s = 500(N + 15)$ $E_s = (15\,000 \div 22\,000) \ln N$ $E_s^{(3)} = (35\,000 \div 50\,000) \log N$	$E_s = 2 \div 4q_c$ $E_s^{(1)} = (1 + D_r^2)q_c$
Sabbia (satura)	$E_s = 250(N + 15)$	
Sabbia (sovraconsolidata)	$E_s^{(2)} = 18\,000 + 750N$ $E_{s(OCR)} = E_{s(nc)}\,(OCR)^{1/2}$	$E_s = 6 \div 30q_c$
Sabbia ghiaiosa e ghiaia	$E_s = 1200(N + 6)$ $E_s = 600(N + 6) \quad N \leqq 15$ $E_s = 600(N + 6) + 2000 \quad N > 15$	
Sabbia argillosa	$E_s = 320(N + 15)$	$E_s = 3 \div 6q_c$
Sabbia limosa	$E_s = 300(N + 6)$	$E_s = 1 \div 2q_c$
Argilla soffice	—	$E_s = 3 \div 8q_c$
Argilla	Utilizzando resistenza a taglio non drenata s_u, nelle unità di s_u $I_p > 30$ o organica $I_p < 30$ o rigida $E_{s(OCR)} = E_{s(nc)}\,(OCR)^{1/2}$	$E_s = 100 - 500s_u$ $E_s = 500 - 1500s_u$

(1) Vesić (1970).
(2) Formula proposta dall'autore a partire da un diagramma riportato da D'Appolonia et al. (1970).
(3) URSS: il valore di N può non essere standard.
Fonti generali: *European Conference on Standard Penetration Testing* (1974), vol. 2.1, pp. 150-151; CGJ, novembre 1983, pp. 726-737; *Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*, ASCE (1986), p. 1173; Mitchel e Gardner (1975).

Sono state quindi riconosciute quattro unità geotecniche, aventi le seguenti caratteristiche meccaniche:

Da 0,00 m a circa – 1,00/2,00 m — **N_{SPT}** = 4-6

Unità 1

$\Phi = 27°$

$\gamma = 17$ kN/m^3

D_r = 15-20 %

c', c_u=0 kN/m^2

E ≈ 3000-4000 kPa

Da circa – 1,00/2,00 m a circa – 7,00 m — **N_{SPT}** = 20-25

Unità 2

$\Phi = 33°$

$\gamma = 19$ kN/m^3

D_r = 55-60 %

c', c_u=0 kN/m^2

E ≈ 38000 kPa

Da circa – 7,00 m a circa – 8,00 m — **N_{SPT}** = 11

Unità 3

$\Phi = 29°$

STUDIO IDROGEOTECNICO Srl
Società di ingegneria

Bastioni di Porta Volta, 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
PEC: stidsrl@pec.it
www.studioidrogeotecnico.com

γ = 18 kN/m^3

D_r = 30-35 %

c', c_u=0 kN/m^2

E ≈ 10000 kPa

Da circa – 8,00 m a – 33,45 m

Unità 4

N_{SPT} > 35

Φ = 35°

γ = 19 kN/m^3

D_r = 70-75 %

c', c_u=0 kN/m^2

E ≈ 50000 kPa

N.B.

N_{SPT} = numero colpi/30 cm;
Φ = angolo di attrito del materiale;
γ = peso di volume;
D_r = densità relativa;
c' = coesione efficace;
c_u = coesione non drenata;
E = modulo elastico.

Il Tecnico incaricato

Dott. Geol. Efrem Ghezzi

GHEZZI
EFREM
DOTTORE
GEOLOGO
19.12.2024
16:44:06
GMT+02:00